

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт электронного обучения

Направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Кафедра общей химии и химической технологии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Модернизация битумно-эмульсионной установки с проектированием теплового оборудования

УДК 66.046:665.775-911.4-048.35

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2K22	Чекрызов Владимир Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тихонов В.В.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т.Г.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Романцов И.И.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ан В.В.	К.Т.Н., доцент		

Томск – 2017 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт электронного обучения

Направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Кафедра общей химии и химической технологии

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) _____
(Дата) Ан В.В.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-2К22	Чекрыжов Владимир Сергеевич

Тема работы:

Модернизация битумно-эмульсионной установки с проектированием теплового оборудования

Утверждена приказом директора (дата, номер)

19.04.2017 2840/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:

31.05.2017

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Проектируемый теплообменник периодического действия показан в схеме на рисунке 1, предназначен для нагрева битума с температурой $t_n = 80^\circ\text{C}$ до рабочей $t_k = 142^\circ\text{C}$, насыщенным паром с температурой $T = 164.2^\circ\text{C}$ за время $\tau = 2$ часа, количество битума $m = 10$ тонн. Битум движется по теплообменнику с помощью насоса ДС- 125 А при давлении $P = 0,6$ МПа.

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1. Технологический расчет. 2. Механический расчет. 3. Анализ эффективности действующего производства. 4. Социальная ответственность.</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Лист 1 технологическая схема А1 Лист 2,3 общий вид и выносные элементы Лист 4 технико-экономические показатели А1</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p>	
Раздел	Консультант
Анализ эффективности действующего производства	Рыжакина Т.Г.
Социальная ответственность.	Романцов И.И.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тихонов В.В.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К22	Чекрызов Владимир Сергеевич		

Перечень результатов обучения (профессиональных и универсальных компетенций), запланированных к достижению выпускниками данной образовательной программы

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять базовые математические, естественнонаучные, социально-экономические и специальные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-1,2,3,19,20), Критерий 5 АИОР (п.1.1)
P2	Применять знания в области энерго-и ресурсосберегающих процессов и оборудования химической технологии, нефтехимии и биотехнологии для решения производственных задач	Требования ФГОС (ПК-4,5,9,15 ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2)
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.	Требования ФГОС (ПК-4,5,8,11, ОК-2,4), Критерий 5 АИОР (пп.1.2)
P4	Проектировать и использовать новое энерго-и ресурсосберегающее оборудование химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС (ПК-8,11,23,24), Критерий 5 АИОР (п.1.3)
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области энерго-и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС (ПК-1,4,5,19-22, ОК-7,10), Критерий 5 АИОР (п.1.4)
P6	Осваивать и эксплуатировать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность и надежность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК-6,12,13,14,17, ОК-3,4,8), Критерий 5 АИОР (п.1.5)
P7	Применять знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности	Требования ФГОС (ПК-3, 8, 9, 10, 11, 12, 13), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Использовать современные компьютерные методы вычисления, основанные на применении современных эффективных программных продуктов при расчете свойств материалов, процессов, аппаратов и систем, характерных для профессиональной области деятельности; находить необхо-	Требования ФГОС (ПК-4, 5, 9, 10, 11, 14)

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
	димую литературу, использовать компьютерные базы данных и другие источники информации	
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P9	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1,2,6-10), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5)
P10	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-6,7,8), Критерий 5 АИОР (2.6)
P11	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-11) , Критерий 5 АИОР (п.2.2)
P12	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-3,4,5,12) , Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3)

Цели образовательной программы

Код цели	Формулировка цели	Требования ФГОС ВПО и (или) заинтересованных работодателей
Ц1	Подготовка выпускников к производственно-технологической деятельности в области энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, конкурентоспособных на мировом рынке.	Требования ФГОС ВПО, критерии АИОР, соответствующие международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Требования к выпускникам предприятий химического комплекса России (ООО СИБУР «Томскнефтехим», ОАО «Тоскгазпром», ОАО «КИНЕФ», г. Кириши, Ангарский нефтеперерабатывающий комбинат, ПО «Азот», г. Кемерово, ООО «ЭльПласт», ООО «Сибметалхим», ОАО «Фармстандарт–Томскхимфарм», и др.).
Ц2	Подготовка выпускников к проектной деятельности в области энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.	Требования ФГОС ВПО, критерии АИОР, соответствующие международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Требования к выпускникам предприятий химического комплекса России (ОАО «ТомскНИПИнефть, ОАО НК «РОСНефть», г. Краснодар, ОАО «Самаранефтехимпроект, ЭЛЕСИ и др.).
Ц3	Подготовка выпускников к научным исследованиям для	Требования ФГОС ВПО, критерии АИОР, соответствующие международ-

Код цели	Формулировка цели	Требования ФГОС ВПО и (или) заинтересованных работодателей
	решения задач, связанных с разработкой новых методов создания процессов, материалов и оборудования, обеспечивающих энерго-ресурсосбережение, экологическую безопасность технологии.	ным стандартам EUR-ACE и FEANI. Потребности научно-исследовательских центров РАН, СО РАН (ТПУ, ТГУ, Институт химии нефти СО РАН, Институт катализа СО РАН, г. Новосибирск, НИОСТ, ООО НПЦ «НООСФЕРА», г. Надым и др).
Ц4	Подготовка выпускников к организационно-управленческой деятельности.	Требования ФГОС ВПО, критерии АИОР, соответствующие международным стандартам EUR-ACE и FEANI, запросы отечественных предприятий и НИИ.
Ц5	Подготовка выпускников к самообучению и непрерывному профессиональному самосовершенствованию.	Требования ФГОС ВПО, критерии АИОР, соответствующие международным стандартам EUR-ACE и FEANI , запросы отечественных предприятий и НИИ..

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа представлена пояснительной запиской 89 с., 4 рис., 14табл., 18 источников, - прил.

Ключевые слова: Битумно-эмульсионная установка, теплообменник труба в трубе, модернизация, фланец, штуцер.

Объектом исследования является (ются) Битумно-эмульсионная установка «Давиал Базис» ООО «Дорожно-строительных материалов»

Цель работы – Выбор оптимального способа нагрева битума до рабочей температуры, расчет и подбор теплообменника труба в трубе.

В процессе исследования проводились Технологический расчет. Механический расчет:

расчет фланца для патрубков входа и выхода битума, расчет фланца для патрубков входа пара, расчет обечайки нагруженной опорными нагрузками от воздействия седловых апор. Технико-экономическая часть. Социальная ответственность.

В результате исследования выбран теплообменник труба в трубе.

Область применения: Дорожно-строительных предприятиях.

abstract

The final qualification work is presented by an explanatory note

_____ 89 _____ p., _____ 4 _____ Pic., _____ 14 _____ Tables, _____ 18 _____ Sources
, _____ - _____ supplement.

Keywords:

Bitumen-emulsion installation, heat exchanger pipe in the pipe, modernization, flange, choke.

The object of the study is (are) bitumen-emulsion installation "Davial Basis" LLC "Road-building materials".

The purpose of the work is to select the optimum method for heating the bitumen to the operating temperature, calculating and selecting the heat exchanger pipe in the pipe.

In the process of the study, technological calculation was carried out.

Mechanical calculation:

Calculation of the flange for the branch pipes of the inlet and outlet of bitumen, Calculation of the flange for the steam inlet pipe, Calculation of the shell loaded with supporting loads from the impact of saddle supports.

Technical _____ and _____ economic _____ part.
Social responsibility.

As a result of the study, a heat exchanger pipe in the pipe was chosen.

Area of application: Road-building enterprises.

Содержание

Введение	11
1. Технологический расчет.....	12
1.1. Тепловой расчет теплообменника.....	12
1.2. Расчет ориентировочной площади поверхности и выбор теплообменника..	13
1.3. Расчет скорости потока.....	13
1.4. Коэффициент теплоотдачи от стенки к битуму.....	14
1.5. Расчетная площадь поверхности теплопередачи	15
1.6. Выбор теплообменника.....	15
1.7. Расчет диаметра патрубков для входа пара и выхода конденсата.....	16
1.7.1. Расчет диаметра патрубка входа пара.....	16
1.7.2. Расчет диаметра патрубка для выхода конденсата.....	16
1.8. Расчет тепловой изоляции.....	17
2. Механический расчет.....	18
2.1. Расчет на прочность наружной трубы теплообменника	18
2.1.1. Проверочный расчёт элементов корпуса от действия внутреннего давления.....	20
2.1.2. При гидравлических испытаниях.....	20
2.2. Расчет фланца для патрубков входа и выхода битума.....	21
2.2.1. Угловая податливость фланцев.....	27
2.2.2. Проверка прочности болтов и прокладки	30
2.2.3. Расчет фланцев на статическую прочность	31
2.3. Расчет фланца для патрубка входа пара.....	34
2.3.1. Угловая податливость фланцев.....	40
2.3.2. Проверка прочности болтов и прокладки.....	43
2.3.3. Расчет фланцев на статическую прочность.....	44
2.3.4. Выбор фланца для выхода конденсата.....	48
2.4. Расчет обечайки нагруженной опорными нагрузками от воздействия седловых опор	49
2.4.1. Проверка несущей способности обечайки в сечении между опорами ...	54
2.4.2. Проверка несущей способности обечайки, неукреплённой кольцами жесткости в области опорного узла	56
3. Анализ эффективности действующего производства.....	61
3.1 Предпроектный анализ.....	61
3.2 SWOT-анализ.....	61
3.3 Расчет производственной мощности.....	62

3.4. Расчет себестоимости годовой продукции по действующему продукту.....	64
3.4.1. Расчет численности персонала.....	64
3.4.2. расчет годового фонда заработной платы персонала.....	65
3.4.3. Расчет затрат на производство продукции.....	67
3.5. Определение цены годовой продукции.....	70
3.6. Анализ безубыточности по действующему производству.....	70
3.7. Расчет производственной мощности на плановый период при альтернативном изменении употребления энергии.....	71
3.8. Определение цены годовой продукции.....	72
3.9. Анализ безубыточности по действующему производству.....	73
3.10. Определение технико-экономических показателей.....	74
4. Социальная ответственность.....	77
4.1. Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.....	78
4.2. Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.....	80
4.3. Экологическая безопасность.....	82
4.4. Чрезвычайные ситуации.....	85
4.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасност.....	86
Заключение.....	87
Список литературы.....	88

Введение

Производство битумной эмульсии появилась в Европе с 1930-х годов XX-го века. Это сложный физико-химический процесс, требующий специального оборудования и соответствующей инфраструктуры для его успешного использования. В настоящее время в России производство битумных эмульсий, как безусловно перспективного материала в дорожном строительстве, неуклонно растет. Битумные эмульсии призваны улучшить качество, повысить технологичность и скорость проведения дорожно-строительных и ремонтных работ.

Битумная эмульсия предназначена для обработки нижележащих слоёв при устройстве верхнего слоя основания и покрытия при строительстве участка автомобильной дороги.

Для эффективного производства битумной эмульсии предлагается использовать теплообменный аппарат взамен электротен.

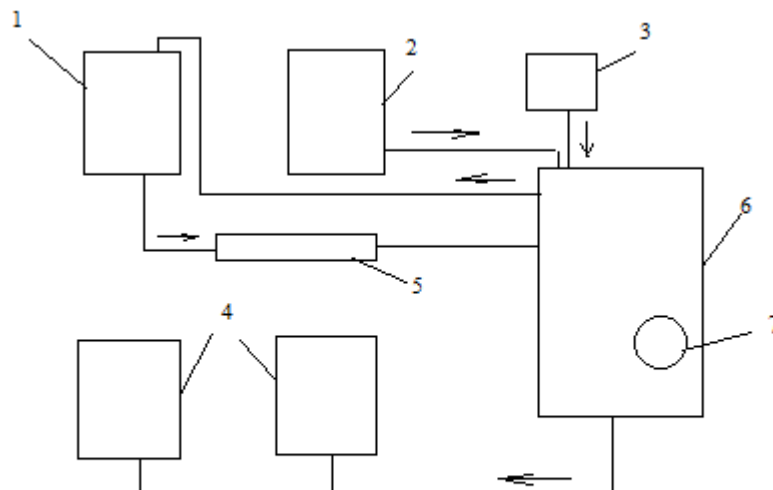
Теплообменный аппарат не способствует горению битума при нагревании, в результате не образуется зольность, что позволяет улучшить качество продукции.

Объектом исследования является битумно-эмульсионная установка «Давиал Базис», которая применяется в дорожно-строительных организациях.

Цель данной работы заключается в выборе оптимального способа нагрева битума до рабочей температуры, расчета и подбора теплообменника труба в трубе.

1. Технологический расчет.

Технологическая схема по производству битумной эмульсии



1 - Емкость битума; 2 - Емкость вода; 3- Емкость кислота; 4- Емкости битумной эмульсии; 5 - теплообменник; 6- установка по производству битумной эмульсии; 7 -Емкость эмульгатора;

Рисунок 1.1.

Проектируемый теплообменник периодического действия показан в схеме на рисунке 1, предназначен для нагрева битума с температурой $t_n = 80^\circ\text{C}$ до рабочей $t_k = 142^\circ\text{C}$, насыщенным паром с температурой $T = 164.2^\circ\text{C}$ за время $\tau = 2$ часа, количество битума $m = 10$ тонн. Битум движется по теплообменнику с помощью насоса ДС- 125 А при давлении $P = 0,6$ МПа.

1.1 Тепловой расчет теплообменника.

$$t_n = 80^\circ\text{C}; \quad t_k = 142^\circ\text{C};$$

$$T = 164.2^\circ\text{C}; \quad G = 10 \text{ т};$$

$$\tau = 2 \text{ ч};$$

Количество теплоты, отдаваемое паром битуму:

$$Q = G * c_x * (t_k - t_n) = 10000 * 1680 * (142 - 80) = 1041.6 * 10^6 \text{ Дж} \quad (1)$$

Здесь $c_x = 1680 \text{ Дж/ (кг*К)}$ – удельная теплоемкость битума при средней температуре 110°C .

Средняя разность температур для периодического процесса нагрева битума в сосуде:

$$\Delta t_{cp.} = (t_k - t_n) / 2.3 * \text{Log} * ((T - t_n) / (T - t_k)) = \quad (2)$$

$$= (142 - 80) / 2.3 \text{ Log} * ((164.2 - 80) / (164.2 - 142)) = 46.61^\circ\text{C}$$

Массовый расход пара:

$$Q = r * M_{\pi} ; \quad (3)$$

По таблице LVII [1, с. 550] где удельная теплота парообразования $r = 2075$ кДж/ кг при температуре 164.2°C .

$$M_{\pi} = Q / r = 1041.6 * 10^6 / 2075 * 10^3 = 552.2 \text{ кг} \quad (4)$$

1.2 Расчет ориентировочной площади поверхности и выбор теплообменника.

Определим ориентировочно значение площади поверхности теплообмена, приняв $K_{cp} = 200$ Вт / ($\text{м}^2 * \text{K}$) по [1, с.172 табл.4.8], при теплообмене от жидкости к жидкости для (углеводородов и масел):

$$F_{op} = Q / K_{ст} * \Delta t_{cp.} * \tau = 1041.6 * 10^6 / 200 * 46.6 * 7200 = 15.5 \text{ м}^2 . \quad (5)$$

Из величины ориентировочного значения площади поверхности теплообмена $F_{op} = 15.5 \text{ м}^2$ следует, что проектируемый теплообменник типа «труба в трубе»

Предварительно выбираем по ТУ 3612 – 014- 00220302-99

ТТОН – 1-89/133 – 1.6/1.6 – 6 –Г –М1 –У

1.3 Расчет скорости потока.

Аппарат изготовленный из труб 133*6 мм(наружная труба) и 89*5 мм (внутренняя труба).

Битум движется по теплообменнику с помощью насоса ДС- 125 А, с производительностью:

$$G = 42 \text{ т/ч} = 11.7 \text{ кг/с}.$$

$$V = G / \rho = 11.7 / 1100 = 0.0106 \text{ м}^3 / \text{с}. \quad (6)$$

Определим скорость и критерий Рейнольдса для битума:

$$\omega = 4 * V / \pi * d^2 = 4 * 0.0106 / 3.14 * 0.079^2 = 2.16 \text{ м/с} \quad (7)$$

где $d = 0.079$ мм – внутренний диаметр внутренней трубы, вязкость битума $\mu_6 = 1.32$ Па * с ;

$$Re = \rho * \omega * d / \mu_6 = 1100 * 2.16 * 0.079 / 1.32 = 142.2 \quad (8)$$

Критерий Пекле:

$$Pe = \rho * \omega * d * c_x / \lambda = 1100 * 2.16 * 0.079 * 1680 / 0.18 = 1751904 \quad (9)$$

Критерий Грасгофа:

Где физические свойства греющего вещества:

Коэффициент объемного расширения $\beta = 6 * 10^{-4} \text{ K}^{-1}$;

Кинематический коэффициент вязкости $\nu = 12 * 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$;

$$Gr = (g * d^3) / \nu^2 * \beta * \Delta t = \quad (10)$$

$$= ((9.81 * 0.079^3) / 12 * 10^{-4}) * 6 * 10^{-4} * 54.2 = 97.3$$

$$\Delta t = T - t_{cp} = 164.2 - 110 = 54.2 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (11)$$

Критерий Прандтля:

$$Pr = c_x * \mu_6 / \lambda = 1680 * 1.32 / 0.18 = 12320$$

$$Pr * Gr = 12320 * 97.2 = 1198142.5$$

Критерий Нуссельта:

$$Nu = 0.022 * Re^{0.8} * Pr^{0.4} * (\mu / \mu_{ст}) \quad (12)$$

$$Nu = 0.022 * 142.2^{0.8} * 12320^{0.4} * (1.32 / 0.165)^{0.14} = 67.3 \quad (13)$$

1.4 Коэффициент теплоотдачи от стенки к битуму:

$$Nu = (\alpha * d) / \lambda; \quad (14)$$

$$\alpha_1 = (Nu * \lambda) / d = (67.3 * 0.18) / 0.079 = 153.3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 * \text{K}) \quad (15)$$

α_2 – Коэффициент теплоотдачи от пара к стенке.

$$\alpha_2 = 0.728 * \sqrt[4]{\frac{\lambda^3 * \rho^2 * g * r}{\mu * \Delta t * d}} =$$

$$= 0.728 * \sqrt[4]{\frac{0.68^3 * 900^2 * 9.81 * 2075 * 10^3}{0.18 * 54.2 * 0.089}} \approx 2600 \text{ Вт/(м}^2 * \text{К)} \quad (16)$$

Коэффициент теплопередачи К :

Где, S – толщина стенки внутренней трубы;

r_1, r_2 – термическое сопротивление стенки и загрязнений (1. Таблица XXXI).

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \left(\frac{S}{\lambda} + \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) =$$

$$= \frac{1}{153.3} + \frac{1}{2600} + \left(\frac{0.005}{46} + \frac{1}{1160} + \frac{1}{5800} \right) = 0.00805 \text{ м}^2 * \text{К/Вт}$$

$$K = \frac{1}{0.00805} = 124.2 \text{ Вт/(м}^2 * \text{К)}$$

1.5 Расчетная площадь поверхности теплопередачи:

$$F_p = \frac{Q}{K * \Delta t * \tau} = \frac{1041.6 * 10^6}{124.2 * 46.6 * 7200} = 24.99 \text{ м}^2 \quad (5)$$

С запасом 10% : $F_p = 27.3 \text{ м}^2$

F_{13} - площадь поверхности теплообмена одного элемента длиной 6 метров :

$$F_{13} = \pi * d * L = 3.14 * 0.089 * 6 = 1.68 \text{ м}^2 \quad (17)$$

1.6 Выбор теплообменника:

$$Z = \frac{F_p}{F_{13}} = \frac{24.99}{1.68} = 14.8 \approx 15 \text{ шт} \quad (18)$$

По ТУ 3612 – 014- 00220302-99 выбираем теплообменник «Труба в трубе» ТТОН – 1-89/133 – 1.6/1.6 – 6 – Г – М1 – У . Длину теплообменных труб выбираем 6 метров, в количестве 15 штук.

1.7. Расчет диаметра патрубков для входа пара и выхода конденсата

1.7.1 Расчет диаметра патрубка входа пара $d_{п.п.}$:

$$d_{п.п.} = \sqrt{\frac{4 * V}{\pi * \omega}} = \sqrt{\frac{4 * 0.021}{3.14 * 40}} = 0.026 \text{ м} \quad (19)$$

Скорость потока пара принимаем: $\omega = 40 \text{ м / с.}$

V – объемный расход греющего пара.

Находим объемный расход греющего пара:

$$V = \frac{M_{п.}}{\rho_{п.}} = \frac{0.076}{3.59} = 0.021 \text{ м}^3 / \text{с} \quad (20)$$

$$M_{п.} = 0.076 \text{ кг / с}$$

Плотность пара при температуре 164.2°C $\rho = 3.59 \text{ кг / м}^3$

Расчетный диаметр патрубка пара $d_{п.п.} = 0.026 \text{ м}$, принимаем стандартный $d_{п.п.} = 0.025 \text{ м}$, длину принимаем стандартную $H = 0.12 \text{ метра.}$

1.7.2. Расчет диаметра патрубка для выхода конденсата $d_{п.к.}$:

$$d_{п.к.} = \sqrt{\frac{4 * V}{\pi * \omega}} = \sqrt{\frac{4 * 0.00008}{3.14 * 2.5}} = 0.0065 \text{ м} \quad (19)$$

Скорость потока воды принимаем: $\omega = 2.5 \text{ м / с.}$

V – объемный расход греющего пара.

Находим объемный расхода конденсата:

$$V = M_{\text{конд.}} / \rho_{\text{конд.}} = \frac{0.076}{900} = 0.00008 \text{ м}^3 / \text{с} \quad (20)$$

$$M_{\text{конд.}} = 0.076 \text{ кг / с}$$

Плотность воды при температуре 164.2°C $\rho = 900 \text{ кг / м}^3$

Расчетный диаметр патрубка конденсата $d_{\text{п.к.}} = 0.0065$ метра, принимаем стандартный диаметр $d_{\text{п.к.}} = 0.025$ метра. Длину патрубка принимаем стандартную $H = 0.12$ метра.

1.8. Расчет тепловой изоляции

Допустимая температура поверхности изоляции:

$$t_{\text{из}} = 45 \text{ } ^\circ\text{C} .$$

Температура окружающего воздуха:

$$t_{\text{в}} = 20 \text{ } ^\circ\text{C} .$$

Коэф-т теплоотдачи от поверхности изоляции к воздуху:

$$\alpha = 9,47 + 0,07 \cdot (t_{\text{из}} - t_{\text{в}}) = 9,47 + 0,07 \cdot (45 - 20) = 11,22 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} .$$

Наружная поверхность теплообмена:

$$F_{\text{п}} = \pi \cdot D_{\text{к}} \cdot H + D_{\text{к}}^2 / 2 = 3.14 \cdot 0.133 \cdot 0.12 + 3.14 \cdot 0.133^2 / 2 = 0.05 \text{ м}^2;$$

Потери тепла в окружающую среду:

$$Q_{\text{пот.}} = \alpha \cdot F_{\text{п}} \cdot (t_{\text{из}} - t_{\text{в}}) = 11.22 \cdot 0.05 \cdot (45 - 20) = 13.025 \text{ Вт}.$$

Коэф-т теплопроводности изоляционного материала (асбест):

$$\lambda_{\text{из}} = 0,157 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}} .$$

Толщина изоляционного слоя $\delta_{\text{из}}$:

$$\delta_{\text{из}} = \lambda_{\text{из}} / \alpha \cdot (t_{\text{ср}} - t_{\text{из}}) = 0.157 / 11.22 \cdot (164 - 45) = 0.019 \text{ м}.$$

Принимаем толщину изоляции 10мм.

2. Механический расчет.

2.1. Расчет на прочность наружной трубы теплообменника

Исходные данные:

$D := 121$ Внутренний диаметр (мм)

$H_{ц} := 0.133$ Диаметр цилиндрической части (м)

$P := 0.7$ Рабочее давление (МПа)

$t_c := 164$ Температура среды ($^{\circ}\text{C}$)

$\rho_c := 3.591$ Плотность среды (кг/м^3)

$\Pi := 0.01$ Скорость коррозии ($\frac{\text{мм}}{\text{год}}$)

$\tau := 10$ Срок эксплуатации (лет)

Коэффициент прочности φ_1 для продольных сварных швов труб, при условии, что стыковые швы выполняются автоматической сваркой с односторонним сплошным проваром по длине контролируемых швов 100%, принимаем [1]:

$$\varphi_1 := 1$$

Согласно имеющимся исходным и справочным данным ведём расчёты согласно формулам ГОСТ 52857.1-2007:

Допускаемое напряжение согласно ГОСТ 52857.1-2007 таблица А.1 :

$$t := \begin{pmatrix} 80 \\ 164 \end{pmatrix} \quad \sigma := \begin{pmatrix} 143 \\ 138 \end{pmatrix} \quad t_p := 164$$

$$\sigma_d := \text{Floor}(\text{linterp}(t, \sigma, t_p), 0.5)$$

$$\sigma_d = 138 \text{ МПа}$$

Предел текучести согласно ГОСТ 52857.1-2007 таблица Б.1

$$\sigma_{T20} := 220 \quad \text{МПа}$$

Прибавка на коррозию

$$c1 := \Pi \cdot \tau \quad (21)$$

Полная прибавка:

$$C := c1 \quad C = 0.1 \quad \text{мм}$$

Выбираем вид испытаний - гидравлический, как наиболее безопасный и наиболее распространённый.

$n := 1.1$ для сталей, согласно ГОСТ [3] для условий гидравлических испытаний

Определим допускаемое напряжение для условий испытания:

$$\sigma_{и} := \frac{\sigma_{T20}}{n} \quad \sigma_{и} = 200 \text{ МПа} \quad (22)$$

Согласно ГОСТ округляем и получаем значение σ :

$$\sigma_{и} := \text{Floor}(\sigma_{и}, 0.5) \quad \sigma_{и} = 199.5 \text{ МПа}$$

Определяем значение пробного давления при рабочем давлении P , заданном изначально:

$$P_{и} := 1.25 \cdot P \cdot \left(\frac{\sigma_{и}}{\sigma_{д}} \right) \quad P_{и} = 1.265 \text{ МПа} \quad (23)$$

Давление столба жидкости определим по формуле:

$$P_{г} := \frac{(\rho \cdot 9.81 \cdot H_{ц})}{10^6} \quad P_{г} = 4.685 \times 10^{-6} \text{ МПа} \quad (24)$$

2.1.1. Проверочный расчёт элементов корпуса от действия внутреннего давления:

$$P_p := P + P_T \quad P_p = 0.7 \quad (25)$$

$$P_{\text{и}} := 1.25 \cdot P \cdot \left(\frac{\sigma_{\text{и}}}{\sigma_{\text{д}}} \right) \quad P_{\text{и}} = 1.265 \text{ МПа} \quad (23)$$

Расчётную и исполнительную толшины стенки цилиндрической части трубы рассчитаем по формуле:

$$Sp1 := \max \left(\frac{P_p \cdot D}{2 \cdot \varphi_1 \cdot \sigma_{\text{д}} - P}, \frac{P_{\text{и}} \cdot D}{2 \cdot \varphi_1 \cdot \sigma_{\text{и}} - P_{\text{и}}} \right) \quad (26)$$

$$S1 := \text{Ceil}(Sp1 + C, 1) \quad S1 = 1 \quad (27)$$

Проверка условия использования формулы для расчёта значения Sp1:

$$Us1 := \begin{cases} \text{"Условие применимости формул выполняется"} & \text{if } \frac{S1 - C}{D} \leq 0.3 \\ \text{"Условие применимости формул НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Us1 = \text{"Условие применимости формул выполняется"}$$

$$Sp1 = 0.385 \text{ мм}$$

2.1.2. При гидравлических испытаниях:

Для трубной части теплообменника:

$$P_{\text{и1}} := 2 \cdot \varphi_1 \cdot \sigma_{\text{и}} \cdot \frac{(S1 - C)}{D + (S1 - C)} \quad (28)$$

$$P_{\text{и1}} = 2.946 \text{ МПа}$$

$$Us1 := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } P_{\text{и}} \leq P_{\text{и1}} \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Us1 = \text{"Условие прочности выполняется"}$$

2.2. Расчет фланца для патрубков входа и выхода битума.

По внутренней трубе аппарата подбираем по ГОСТ54432 - 2011 [] фланец и рассчитываем его на прочность.

Исходные данные:

$D := 89 \text{ мм}$	$h := 26 \text{ мм}$	$P := 0,1 \text{ МПа}$
$D_H := 195 \text{ мм}$	$h_{\Pi} := 3 \text{ мм}$	$M := 0,1 \text{ Н*мм}$
$D_6 := 160 \text{ мм}$	$S_0 := 5 \text{ мм}$	$F := 0,1 \text{ Н}$
$D_{СП} := 94 \text{ мм}$	$d := 18 \text{ мм}$	$c_o := 1 \text{ мм}$
$b_{\Pi} := 26 \text{ мм}$	$n := 4$	$t := 142 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Материал обечаек и фланцев - сталь 20

Материал болтов - сталь 20

Материал прокладки - паронит ПОН.

Фланцы плоские, неизолированные (см. рис. 1(а).2)

Фланцы с гладкой уплотнительной поверхностью рекомендуется применять для условных давлений среды до 1,6 МПа

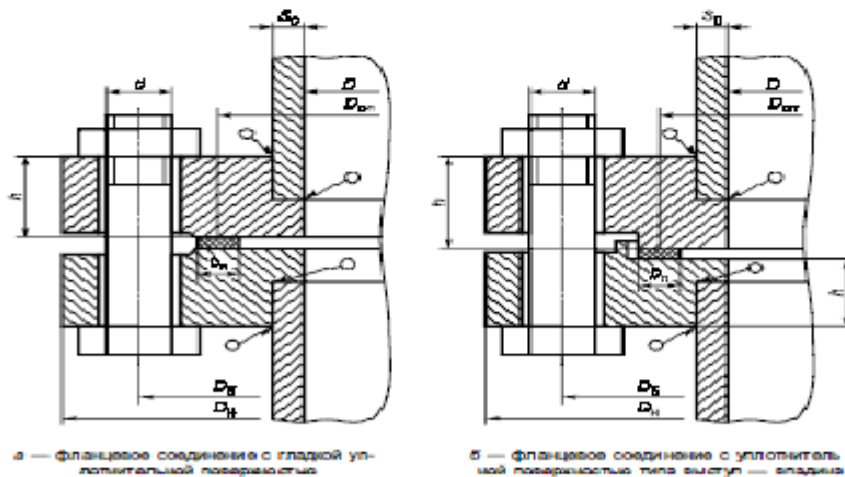


Рисунок 2, лист 1 — Фланцевые соединения с плоскими фланцами

Рисунок 1.2.

Выбор крепежных элементов:

$bs := 1$ (болтовое)

Определение расчетных параметров

Расчетные температуры

Расчетная температура неизолированных плоских фланцев $t_{\phi} = 0,96 \cdot t$

$$t_{\phi} := 0.96 \cdot t \qquad t_{\phi} = 136.32$$

Расчетная температура болтов

$$t_{\text{б}} := 0.85 \cdot t \qquad t_{\text{б}} = 120.7$$

Допускаемые напряжения для болтов из стали 20 ГОСТ52857.1-2007
таблица А.1

В рабочем состоянии

$$t := \begin{pmatrix} 80 \\ 164 \end{pmatrix} \quad \sigma := \begin{pmatrix} 143.25 \\ 138.16 \end{pmatrix}$$

$$\sigma_{\text{д.б}} := \text{Floor}(\text{interp}(t, \sigma, t_{\text{б}}), 0.5)$$

$$\sigma_{\text{д.б}} = 140.5 \text{ МПа}$$

Модуль упругости для болтов при рабочей температуре ГОСТ52857.1-2007
таблица В.1

$$E_{\text{б}} := 2.14 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение для болтов при $t = 20^{\circ}\text{C}$ ГОСТ52857.1-2007
таблица А.1

$$\sigma_{20\text{б}} := 147 \text{ МПа}$$

Модуль упругости для болтов при температуре испытания 20°C
ГОСТ52857.1-2007 таблица В.1

$$E_{20\text{б}} := 2.18 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Коэффициент линейного расширения стали 20 при $t = 80-142$ °C
ГОСТ52857.1-2007 таблица Г.1

$$\alpha_6 := 12.28 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$$

Допускаемые напряжения для фланцев и обечаек стали 20
ГОСТ52857.1-2007 таблица А.1

$$t := \begin{pmatrix} 80 \\ 142 \end{pmatrix} \quad \sigma := \begin{pmatrix} 143.25 \\ 138.16 \end{pmatrix}$$

$$\sigma := \text{Floor}(\text{linterp}(t, \sigma, t_{\phi}), 0.5) \quad \sigma = 138.5 \text{ МПа}$$

Так как фланцы изготавливается из листового проката $\eta := 1$

$$\sigma_{\text{д.}\phi} := \eta \cdot \sigma \quad \sigma_{\text{д.}\phi} = 138.5 \text{ МПа} \quad (29)$$

Модуль упругости для стали 20 при рабочей температуре
ГОСТ52857.1-2007 таблица В.1

$$E := 1.91 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение для стали 20 при $t = 20$ °C
ГОСТ52857.1-2007 таблица А.1

$$\sigma_{20} := 147 \text{ МПа} \quad \sigma_{\text{д}20} := \eta \cdot \sigma_{20} \quad \sigma_{\text{д}20} = 147 \text{ МПа} \quad (30)$$

Модуль упругости для стали 20 при температуре испытания 20 °C
ГОСТ52857.1-2007 таблица В.1

$$E_{20} := 2.0 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Коэффициент линейного расширения стали 20 при $t = 20-142$ °C
ГОСТ52857.1-2007 таблица Г.1

$$\alpha_{\phi} := 12.28 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$$

Эффективная ширина плоской прокладки

$$b_{\Pi} := 26 \text{ мм}$$

$$b_0 := \begin{cases} b_0 \leftarrow b_{\Pi} & \text{if } b_{\Pi} \leq 15 \\ b_0 \leftarrow \text{Ceil}(3.8 \sqrt{b_{\Pi}}, 1) & \text{otherwise} \end{cases} \quad b_0 = 20 \text{ мм}$$

Характеристики прокладки по таблице 4.6

$$m := 2.5$$

$$q_{\text{обж}} := 20 \text{ МПа}$$

$$q_d := 130 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{обж}} := 0.9$$

$$E_{\Pi} := 200 \text{ МПа}$$

Усилие, необходимое для смятия прокладки при затяжке:

$$P_{\text{обж}} := 0.5 \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_0 \cdot m \cdot |P| \quad P_{\text{обж}} = 0 \quad \text{Н} \quad (31)$$

Усилие на прокладке в рабочих условиях, необходимое для обеспечения герметичности фланцевого соединения:

$$R_{\Pi} := \begin{cases} \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_0 \cdot m \cdot P & \text{if } P \geq 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad R_{\Pi} = 0 \quad \text{Н}$$

Площадь поперечного сечений болтов по таблице 4.3

$$f_b := 225 \text{ мм}^2$$

Суммарная площадь сечения болтов по внутреннему диаметру резьбы или нагруженному сечению наименьшего диаметра

$$A_b := n \cdot f_b \quad A_b = 900 \quad \text{мм}^2$$

Равнодействующая нагрузка от давления

$$Q_d := \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{сп}})^2 \cdot P \quad Q_d = 0 \quad \text{Н} \quad (32)$$

Приведенная нагрузка, вызванная воздействием внешней силы и изгибающего момента:

$$Q_{\text{FM}} := \max \left(\left| F + \frac{4 \cdot |M|}{D_{\text{сп}}} \right|, \left| F - \frac{4 \cdot |M|}{D_{\text{сп}}} \right| \right) \quad Q_{\text{FM}} = 0 \quad \text{Н}$$

Податливость прокладки

$$y_{\text{п}} := \frac{h_{\text{п}} \cdot K_{\text{обж}}}{E_{\text{п}} \cdot \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_{\text{п}}} \quad y_{\text{п}} = 1.758 \times 10^{-6} \quad \text{мм/Н} \quad (33)$$

Расстояние между опорными поверхностями гайки и головки болта или опорными поверхностями гаек:

$$L_{\text{б0}} := 50 \quad \text{мм}$$

Эффективная длина болта при определении податливости:

$$L_{\text{б}} := \begin{cases} L_{\text{б0}} + 0.28 \cdot d & \text{if } b_s = 1 \\ L_{\text{б0}} + 0.56 \cdot d & \text{if } b_s = 2 \end{cases} \quad L_{\text{б}} = 55.04 \quad \text{мм}$$

Податливость болтов:

$$y_{\text{б}} := \frac{L_{\text{б}}}{E_{206} \cdot A_{\text{б}}} \quad y_{\text{б}} = 2.805 \times 10^{-7} \quad \text{мм/Н} \quad (34)$$

Расчетные параметры фланцев:

- параметр длины обечайки

$$l_0 := \sqrt{D \cdot S_0} \quad l_0 = 21.095 \quad \text{мм} \quad (35)$$

- отношение наружного диаметра тарелки фланца к внутреннему диаметру

$$K := \frac{D_H}{D} \quad K = 2.191 \quad (36)$$

- коэффициенты, зависящие от соотношения размеров тарелки фланца:

$$\beta_T := \frac{K^2 \cdot (1 + 8.55 \cdot \log(K)) - 1}{(1.05 + 1.945 \cdot K^2) \cdot (K - 1)} \quad \beta_T = 1.437 \quad (37)$$

$$\beta_U := \frac{K^2 \cdot (1 + 8.55 \cdot \log(K)) - 1}{1.36(K^2 - 1) \cdot (K - 1)} \quad \beta_U = 2.889 \quad (38)$$

$$\beta_Y := \frac{1}{(K - 1)} \cdot \left[0.69 + 5.72 \cdot \frac{K^2 \cdot \log(K)}{(K^2 - 1)} \right] \quad \beta_Y = 2.646 \quad (39)$$

$$\beta_Z := \frac{K^2 + 1}{K^2 - 1} \quad \beta_Z = 1.526 \quad (40)$$

- коэффициенты для фланцевых соединений с приварными встык фланцами с прямой втулкой, плоскими фланцами и свободными фланцами

$$\beta_F := 0.91 \quad \beta_V := 0.55 \quad f := 1$$

$$\text{- коэффициент } \lambda \quad \lambda := \frac{\beta_F \cdot h + l_0}{\beta_T \cdot l_0} + \frac{\beta_V \cdot h^3}{\beta_U \cdot l_0 \cdot (S_0)^2} \quad \lambda = 7.822 \quad (41)$$

2.2.1. Угловая податливость фланцев:

Угловая податливость фланца при затяжке

$$y_{\Phi} := \frac{0.91 \cdot \beta_V}{E_{20} \cdot \lambda \cdot l_0 \cdot (S_0)^2} \quad y_{\Phi} = 6.067 \times 10^{-10} \quad (42)$$

Угловая податливость фланца, нагруженного внешним изгибающим моментом:

$$y_{\Phi H} := \left(\frac{\pi}{4} \right)^3 \cdot \frac{D_6}{E_{20} \cdot h^3 \cdot D_H} \quad y_{\Phi H} = 1.131 \times 10^{-10} \quad (43)$$

Коэффициент, учитывающий изгиб тарелки фланца между шпильками (болтами):

$$C_F := \max \left[1, \sqrt{\frac{\pi \cdot D_6}{n \cdot \left(2 \cdot d + \frac{6 \cdot h}{m + 0.5} \right)}} \right] \quad C_F = 1.195 \quad (44)$$

Приведенный диаметр плоского фланца

$$D_{\text{пр}} := D$$

Плечо действия усилий в болтах (шпильках) для приварных встык и плоских фланцев

$$b := 0.5 \cdot (D_6 - D_{\text{сп}}) \quad b = 33 \quad (45)$$

Плечо усилия от действия давления на фланец для всех типов фланцев

$$e := 0.5 \cdot (D_{\text{сп}} - D - S_0) \quad e = 0 \quad (46)$$

Эквивалентная толщина втулки плоских фланцев

$$S_9 := S_0$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения для приварных встык и плоских фланцев

$$\gamma := \frac{1}{y_{\Pi} + y_{\delta} \cdot \frac{E_{20\delta}}{E_{\delta}} + 2 \cdot b^2 \cdot y_{\phi} \cdot \frac{E_{20}}{E}} \quad \gamma = 2.917 \times 10^5 \quad (47)$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения, нагруженного внутренним давлением или внешней осевой силой для приварных встык и плоских фланцев с плоскими прокладками

$$\alpha := 1 - \frac{y_{\Pi} - 2 \cdot e \cdot y_{\phi} \cdot b}{y_{\Pi} + y_{\delta} + 2 \cdot b^2 \cdot y_{\phi}} \quad \alpha = 0.477 \quad (48)$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения, нагруженного внешним изгибающим моментом

$$\alpha_M := \frac{y_{\delta} + 2 \cdot y_{\phi H} \cdot b \cdot \left(b + e - \frac{e^2}{D_{\text{сп}}} \right)}{y_{\delta} + y_{\Pi} \cdot \left(\frac{D_{\delta}}{D_{\text{сп}}} \right)^2 + 2 \cdot y_{\phi H} \cdot b^2} \quad \alpha_M = 0.094 \quad (49)$$

Нагрузка, вызванная стесненностью температурных деформаций, в соединениях с приварными встык и плоскими фланцами

$$Q_t := \gamma \cdot [2\alpha_{\phi} \cdot h \cdot (t_{\phi} - 20) - 2\alpha_{\delta} \cdot h \cdot (t_{\delta} - 20)] \quad Q_t = 2.91 \times 10^3 \text{ Н} \quad (50)$$

Расчетная нагрузка на болты при затяжке, необходимая для обеспечения в рабочих условиях давления на прокладку, достаточного для герметизации фланцевого соединения.

$$P_{\delta 1} := \max \left[\begin{array}{l} \alpha \cdot (Q_d + F) + R_{\Pi} + \frac{4 \cdot \alpha_M \cdot |M|}{D_{\text{сп}}} \\ \alpha \cdot (Q_d + F) + R_{\Pi} + \frac{4 \cdot \alpha_M \cdot |M|}{D_{\text{сп}}} - Q_t \end{array} \right] \quad (51)$$

$$P_{\delta 1} = 0 \quad \text{Н}$$

Расчетная нагрузка на болты при затяжке, необходимая для обеспечения обжатия прокладки и минимального начального натяжения болтов.

$$P_{\bar{6}2} := \max(P_{\text{обж}}, 0.4 \cdot A_6 \cdot \sigma_{206}) \quad (52)$$

$$P_{\text{обж}} = 0 \quad \text{Н} \quad P_{\bar{6}2} = 5.292 \times 10^4 \quad \text{Н}$$

Расчетная нагрузка на болты фланцевых соединений при затяжке фланцевого соединения:

$$P_{\bar{6}M} := \max(P_{\bar{6}1}, P_{\bar{6}2}) \quad P_{\bar{6}M} = 5.292 \times 10^4 \quad \text{Н}$$

Расчетная нагрузка на болты фланцевых соединений в рабочих условиях

$$P_{\bar{6}p} := P_{\bar{6}M} + (1 - \alpha) \cdot (Q_d + F) + Q_t + \frac{4 \cdot (1 - \alpha_M) \cdot |M|}{D_{\text{сп}}} \quad (53)$$

$$P_{\bar{6}p} = 5.583 \times 10^4 \quad \text{Н}$$

2.2.2. Проверка прочности болтов и прокладки

Расчетные напряжения в болтах

- при затяжке

$$\sigma_{61} := \frac{P_{6M}}{A_6} \quad \sigma_{61} = 58.8 \text{ МПа} \quad (54)$$

- в рабочих условиях

$$\sigma_{62} := \frac{P_{6P}}{A_6} \quad \sigma_{62} = 62.033 \text{ МПа} \quad (55)$$

Проверка условий прочности болтов при затяжке и в рабочих условиях

$$Usl_1 := \begin{cases} \text{"Условия прочности в при затяжке НЕ выполняются"} & \text{if } \sigma_{61} > \sigma_{206} \\ \text{"Условия прочности в рабочих условиях НЕ выполняются"} & \text{if } \sigma_{62} > \sigma_{д.6} \\ \text{"Условия прочности выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$Usl_1 = \text{"Условия прочности выполняются"}$

$$\sigma_{61} = 58.8 \text{ МПа} \quad \sigma_{62} = 62.033 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{206} = 147 \text{ МПа} \quad \sigma_{д.6} = 140.5 \text{ МПа}$$

Удельное давление на прокладку

$$q := \frac{\max(P_{6M}, P_{6P})}{\pi \cdot D_{сП} \cdot b_{П}} \quad q = 7.271 \text{ МПа} \quad (56)$$

Условие прочности прокладки (проверяется для мягких прокладок)

$$Usl_2 := \begin{cases} \text{"Условие прочности прокладки НЕ выполняется"} & \text{if } q > q_d \\ \text{"Условие прочности прокладки выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$Usl_2 = \text{"Условие прочности прокладки выполняется"}$

$$q = 7.271 \text{ МПа} \quad q_d = 130 \text{ МПа}$$

2.2.3. Расчет фланцев на статическую прочность

Расчетный изгибающий момент, действующий на приварной встык фланца или плоский фланец при затяжке:

$$M_M := C_F \cdot P_{\bar{\sigma}_M} \cdot b \quad M_M = 2.087 \times 10^6 \text{ Н*мм} \quad (57)$$

Расчетный изгибающий момент, действующий на фланец в рабочих условиях

$$M_p := C_F \cdot \max[P_{\bar{\sigma}_p} \cdot b + (Q_d + Q_{FM}) \cdot e, |Q_d + Q_{FM}| \cdot e] \quad (58)$$

$$M_p = 2.202 \times 10^6 \text{ Н*мм}$$

Расчетные напряжения во фланце при затяжке:

- меридиональное изгибное напряжение во втулке приварного встык фланца, обечайке плоского фланца

$$\sigma_{0M} := \frac{M_M}{\lambda \cdot (S_0 - c_o)^2 \cdot D_{пр}} \quad \sigma_{0M} = 187.365 \text{ МПа} \quad (59)$$

- напряжения в тарелке плоского фланца в условиях затяжки:

- радиальное напряжение

$$\sigma_{RM} := \frac{1.33 \cdot \beta_F \cdot h + l_0}{\lambda \cdot h^2 \cdot l_0 \cdot D} \cdot M_M \quad \sigma_{RM} = 11.05 \text{ МПа} \quad (60)$$

- окружное напряжение

$$\sigma_{TM} := \frac{\beta_Y \cdot M_M}{h^2 \cdot D} - \beta_Z \cdot \sigma_{RM} \quad \sigma_{TM} = 74.909 \text{ МПа} \quad (61)$$

Проверка условий статической прочности фланцев

$$\sigma_{Pmax} := \max \left(\left(\begin{array}{c} |\sigma_{0p} - \sigma_{0mp} + \sigma_{Tp}| \\ |\sigma_{0p} - \sigma_{0mp} + \sigma_{Rp}| \\ |\sigma_{0p} + \sigma_{0mp}| \end{array} \right) \right)$$

$$\sigma_{3max} := \max(|\sigma_{0m} + \sigma_{Rm}|, |\sigma_{0m} + \sigma_{Tm}|)$$

PR_1 := "Условия статической прочности при затяжке и в рабочих условиях выполняются"

PR_3 := "Условия статической прочности НЕ выполняются"

KT = 1.3 при расчете с учетом стесненности температурных деформаций.
При расчете без учета стесненности температурных деформаций KT = 1.

$$K_T := 1.3$$

$$Usl_3 := \begin{cases} PR_1 & \text{if } \sigma_{Tm} < \sigma_{206} \wedge \sigma_{Tp} < \sigma_{д.ф} \\ PR_3 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Usl_3 = "Условия статической прочности при затяжке и в рабочих условиях выполняются"

$$\sigma_{Tm} = 74.909 \quad \text{МПа} \quad \sigma_{206} := 147 \quad \text{МПа}$$

$$\sigma_{Tp} = 79.028 \quad \text{МПа} \quad \sigma_{д.ф} = 138.5 \quad \text{МПа}$$

Проверка углов поворота фланцев

Угол поворота приварного встык фланца, плоского фланца

$$\Theta := M_p \cdot y_\Phi \cdot \frac{E_{20}}{E} \quad \Theta = 1.399 \times 10^{-3} \quad (63)$$

Допустимый угол поворота плоского фланца

$$\Theta_d := 0.013$$

$$Usl_P := \begin{cases} \text{"Условие при испытаниях НЕ выполняется"} & \text{if } \Theta > 1.3 \cdot \Theta_d \\ \text{"Условие в рабочих условиях НЕ выполняется"} & \text{if } \Theta > \Theta_d \\ \text{"Условие поворота плоского фланца выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Usl_P = \text{"Условие поворота плоского фланца выполняется"}$$

2.3. Расчет фланца для патрубка входа пара.

По внутренней трубе аппарата подбираем по ГОСТ54432 - 2011 фланец и рассчитываем его на прочность.

Исходные данные:

$D := 26 \text{ мм}$	$h := 18 \text{ мм}$	$P := 0.7 \text{ МПа}$
$D_H := 115 \text{ мм}$	$h_{\Pi} := 0.5 \text{ мм}$	$M := 0 \text{ Н*мм}$
$D_6 := 85 \text{ мм}$	$S_0 := 3.2 \text{ мм}$	$F := 0 \text{ Н}$
$D_{\text{СП}} := 54 \text{ мм}$	$d := 14 \text{ мм}$	$c_o := 1 \text{ мм}$
$b_{\Pi} := 10 \text{ мм}$	$n := 4$	$t := 164 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Материал обечаек и фланцев - сталь 20

Материал болтов - сталь 20

Материал прокладки - паронит ПОН.

Фланцы плоские, неизолированные (см. рис. 2.(a)2.)

Фланцы с гладкой уплотнительной поверхностью рекомендуется применять для условных давлений среды до 1,6 МПа

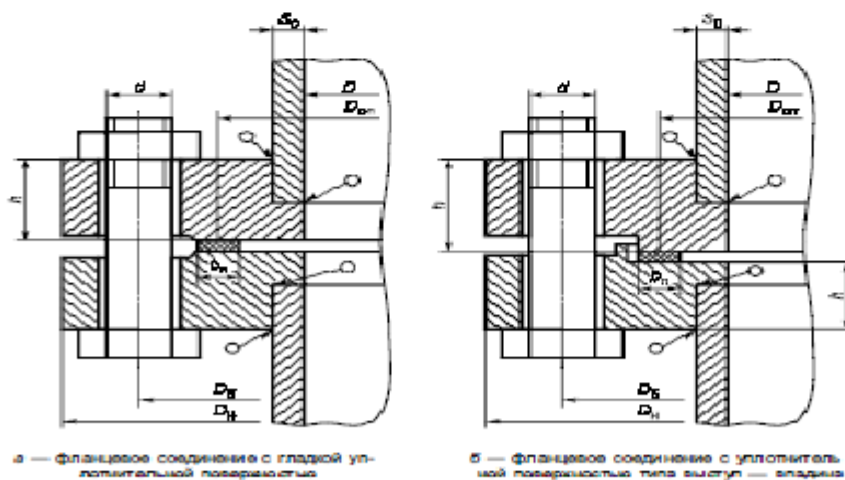


Рисунок 2, лист 1 — Фланцевые соединения с плоскими фланцами

Рисунок 2.2.

Выбор крепежных элементов:

$bs := 1$ (болтовое)

Определение расчетных параметров

Расчетные температуры

Расчетная температура неизолированных плоских фланцев $t_{\phi} = 0,96 \cdot t$

$$t_{\phi} := 0.96 \cdot t \qquad t_{\phi} = 157.44$$

Расчетная температура болтов

$$t_{\text{б}} := 0.85 \cdot t \qquad t_{\text{б}} = 139.4$$

Допускаемые напряжения для болтов из стали 20 ГОСТ52857.1-2007
таблица А.1

В рабочем состоянии

$$\underline{t} := \begin{pmatrix} 80 \\ 164 \end{pmatrix} \quad \sigma := \begin{pmatrix} 143.25 \\ 138.16 \end{pmatrix}$$

$$\sigma_{\text{д.б}} := \text{Floor}(\text{linterp}(t, \sigma, t_{\text{б}}), 0.5)$$

$$\sigma_{\text{д.б}} = 139.5 \text{ МПа}$$

Модуль упругости для болтов при рабочей температуре ГОСТ52857.1-2007
таблица В.1

$$E_{\text{б}} := 2.14 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение для болтов при $t = 20^{\circ}\text{C}$ ГОСТ52857.1-2007
таблица А.1

$$\sigma_{20\text{б}} := 147 \text{ МПа}$$

Модуль упругости для болтов при температуре испытания 20°C
ГОСТ52857.1-2007 таблица В.1

$$E_{20\text{б}} := 2.18 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Коэффициент линейного расширения стали 20 при $t = 80-164$ °C
ГОСТ52857.1-2007 таблица Г.1

$$\alpha_{\phi} := 12.28 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$$

Допускаемые напряжения для фланцев и обечаек стали 20
ГОСТ52857.1-2007 таблица А.1

$$t := \begin{pmatrix} 80 \\ 164 \end{pmatrix} \quad \sigma := \begin{pmatrix} 143.25 \\ 138.16 \end{pmatrix}$$

$$\sigma := \text{Floor}(\text{linterp}(t, \sigma, t_{\phi}), 0.5) \quad \sigma = 138.5 \text{ МПа}$$

Так как фланцы изготавливается из листового проката $\eta := 1$

$$\sigma_{\text{д.}\phi} := \eta \cdot \sigma \quad \sigma_{\text{д.}\phi} = 138.5 \text{ МПа} \quad (29)$$

Модуль упругости для стали 20 при рабочей температуре
ГОСТ52857.1-2007 таблица В.1

$$E := 1.91 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение для стали 20 при $t = 20$ °C
ГОСТ52857.1-2007 таблица А.1

$$\sigma_{20} := 147 \text{ МПа} \quad \sigma_{\text{д}20} := \eta \cdot \sigma_{20} \quad \sigma_{\text{д}20} = 147 \text{ МПа} \quad (30)$$

Модуль упругости для стали 20 при температуре испытания 20 °C
ГОСТ52857.1-2007 таблица В.1

$$E_{20} := 2.0 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Коэффициент линейного расширения стали 20 при $t = 20-164$ °C
ГОСТ52857.1-2007 таблица Г.1

$$\alpha_{\phi} := 12.28 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$$

Эффективная ширина плоской прокладки

$$b_{\Pi} := 10 \text{ мм}$$

$$b_0 := \begin{cases} b_0 \leftarrow b_{\Pi} & \text{if } b_{\Pi} \leq 15 \\ b_0 \leftarrow \text{Ceil}(3.8 \sqrt{b_{\Pi}}, 1) & \text{otherwise} \end{cases} \quad b_0 = 10 \text{ мм}$$

Характеристики прокладки по таблице 4.6

$$m := 2.5$$

$$q_{\text{обж}} := 20 \text{ МПа}$$

$$q_d := 130 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{обж}} := 0.9$$

$$E_{\Pi} := 200 \text{ МПа}$$

Усилие, необходимое для смятия прокладки при затяжке:

$$P_{\text{обж}} := 0.5 \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_0 \cdot m \cdot |P| \quad P_{\text{обж}} = 1.484 \times 10^3 \text{ Н} \quad (31)$$

Усилие на прокладке в рабочих условиях, необходимое для обеспечения герметичности фланцевого соединения:

$$R_{\Pi} := \begin{cases} \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_0 \cdot m \cdot P & \text{if } P \geq 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad R_{\Pi} = 2.969 \times 10^3 \text{ Н}$$

Площадь поперечного сечений болтов по ГОСТ 12414-94 из таблицы 1.

$$f_{\text{б}} := 153 \text{ мм}^2$$

Суммарная площадь сечения болтов (шпилек) по внутреннему диаметру резьбы или нагруженному сечению наименьшего диаметра

$$A_{\text{б}} := n \cdot f_{\text{б}} \quad A_{\text{б}} = 612 \quad \text{мм}^2$$

Равнодействующая нагрузка от давления

$$Q_d := \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{сп}})^2 \cdot P \quad Q_d = 1.603 \times 10^3 \text{ Н} \quad (32)$$

Приведенная нагрузка, вызванная воздействием внешней силы и изгибающего момента:

$$Q_{\text{FM}} := \max \left(\left| F + \frac{4 \cdot |M|}{D_{\text{сп}}} \right|, \left| F - \frac{4 \cdot |M|}{D_{\text{сп}}} \right| \right) \quad Q_{\text{FM}} = 0 \text{ Н}$$

Податливость прокладки

$$y_{\text{п}} := \frac{h_{\text{п}} \cdot K_{\text{обж}}}{E_{\text{п}} \cdot \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_{\text{п}}} \quad y_{\text{п}} = 1.326 \times 10^{-6} \text{ мм/Н} \quad (33)$$

Расстояние между опорными поверхностями гайки и головки болта или опорными поверхностями гаек:

$$L_{\text{б0}} := 50 \text{ мм}$$

Эффективная длина болта при определении податливости:

$$L_{\text{б}} := \begin{cases} L_{\text{б0}} + 0.28 \cdot d & \text{if } b_s = 1 \\ L_{\text{б0}} + 0.56 \cdot d & \text{if } b_s = 2 \end{cases} \quad L_{\text{б}} = 53.92 \text{ мм}$$

Податливость болтов:

$$y_{\text{б}} := \frac{L_{\text{б}}}{E_{206} \cdot A_{\text{б}}} \quad y_{\text{б}} = 4.041 \times 10^{-7} \text{ мм/Н} \quad (34)$$

Расчетные параметры фланцев:

- параметр длины обечайки

$$l_0 := \sqrt{D \cdot S_0} \quad l_0 = 9.121 \quad \text{мм} \quad (35)$$

- отношение наружного диаметра тарелки фланца к внутреннему диаметру

$$K := \frac{D_H}{D} \quad K = 4.423 \quad (36)$$

- коэффициенты, зависящие от соотношения размеров тарелки фланца:

$$\beta_T := \frac{K^2 \cdot (1 + 8.55 \cdot \log(K)) - 1}{(1.05 + 1.945 \cdot K^2) \cdot (K - 1)} \quad \beta_T = 0.946 \quad (37)$$

$$\beta_U := \frac{K^2 \cdot (1 + 8.55 \cdot \log(K)) - 1}{1.36(K^2 - 1) \cdot (K - 1)} \quad \beta_U = 1.465 \quad (38)$$

$$\beta_Y := \frac{1}{(K - 1)} \cdot \left[0.69 + 5.72 \cdot \frac{K^2 \cdot \log(K)}{(K^2 - 1)} \right] \quad \beta_Y = 1.339 \quad (39)$$

$$\beta_Z := \frac{K^2 + 1}{K^2 - 1} \quad \beta_Z = 1.108 \quad (40)$$

- коэффициенты для фланцевых соединений с приварными встык фланцами с прямой втулкой, плоскими фланцами и свободными фланцами

$$\beta_F := 0.91 \quad \beta_V := 0.55 \quad f := 1$$

$$\text{- коэффициент } \lambda \quad \lambda := \frac{\beta_F \cdot h + l_0}{\beta_T \cdot l_0} + \frac{\beta_V \cdot h^3}{\beta_U \cdot l_0 \cdot (S_0)^2} \quad \lambda = 26.404 \quad (41)$$

2.3.1. Угловая податливость фланцев:

Угловая податливость фланца при затяжке

$$y_{\Phi} := \frac{0.91 \cdot \beta_V}{E_{20} \cdot \lambda \cdot l_0 \cdot (S_0)^2} \quad y_{\Phi} = 1.015 \times 10^{-9} \quad (42)$$

Угловая податливость фланца, нагруженного внешним изгибающим моментом:

$$y_{\Phi H} := \left(\frac{\pi}{4} \right)^3 \cdot \frac{D_6}{E_{20} \cdot h^3 \cdot D_H} \quad y_{\Phi H} = 3.07 \times 10^{-10} \quad (43)$$

Коэффициент, учитывающий изгиб тарелки фланца между шпильками (болтами):

$$C_F := \max \left[1, \sqrt{\frac{\pi \cdot D_6}{n \cdot \left(2 \cdot d + \frac{6 \cdot h}{m + 0.5} \right)}} \right] \quad C_F = 1.021 \quad (44)$$

Приведенный диаметр плоского фланца

$$D_{\text{пр}} := D$$

Плечо действия усилий в болтах для приварных встык и плоских фланцев

$$b := 0.5(D_6 - D_{\text{сп}}) \quad b = 15.5 \quad (45)$$

Плечо усилия от действия давления на фланец для всех типов фланцев

$$e_{\text{вн}} := 0.5(D_{\text{сп}} - D - S_0) \quad e = 12.4 \quad (46)$$

Эквивалентная толщина втулки плоских фланцев

$$S_9 := S_0$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения для приварных встык и плоских фланцев

$$\gamma := \frac{1}{y_{\Pi} + y_{\delta} \cdot \frac{E_{20\delta}}{E_{\delta}} + 2 \cdot b^2 \cdot y_{\phi} \cdot \frac{E_{20}}{E}} \quad \gamma = 4.447 \times 10^5 \quad (47)$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения, нагруженного внутренним давлением или внешней осевой силой для приварных встык и плоских фланцев с плоскими прокладками

$$\alpha := 1 - \frac{y_{\Pi} - 2 \cdot e \cdot y_{\phi} \cdot b}{y_{\Pi} + y_{\delta} + 2 \cdot b^2 \cdot y_{\phi}} \quad \alpha = 0.578 \quad (48)$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения, нагруженного внешним изгибающим моментом

$$\alpha_M := \frac{y_{\delta} + 2 \cdot y_{\phi} \cdot b \cdot \left(b + e - \frac{e^2}{D_{\text{сп}}} \right)}{y_{\delta} + y_{\Pi} \cdot \left(\frac{D_{\delta}}{D_{\text{сп}}} \right)^2 + 2 \cdot y_{\phi} \cdot b^2} \quad \alpha_M = 0.167 \quad (49)$$

Нагрузка, вызванная стесненностью температурных деформаций, в соединениях с приварными встык и плоскими фланцами

$$Q_t := \gamma \cdot [2\alpha_{\phi} \cdot h \cdot (t_{\phi} - 20) - 2\alpha_{\delta} \cdot h \cdot (t_{\delta} - 20)] \quad Q_t = 3.547 \times 10^3 \text{ Н} \quad (50)$$

Расчетная нагрузка на болты при затяжке, необходимая для обеспечения в рабочих условиях давления на прокладку, достаточного для герметизации фланцевого соединения

$$P_{61} := \max \left[\begin{array}{l} \alpha \cdot (Q_d + F) + R_{\Pi} + \frac{4 \cdot \alpha_M \cdot |M|}{D_{\text{сп}}} \\ \alpha \cdot (Q_d + F) + R_{\Pi} + \frac{4 \cdot \alpha_M \cdot |M|}{D_{\text{сп}}} - Q_t \end{array} \right] \quad (51)$$

$$P_{61} = 3.895 \times 10^3 \text{ Н}$$

Расчетная нагрузка на болты при затяжке, необходимая для обеспечения обжатия прокладки и минимального начального натяжения болтов.

$$P_{\bar{6}2} := \max(P_{\text{обж}}, 0.4 \cdot A_{\bar{6}} \cdot \sigma_{206}) \quad (52)$$

$$P_{\text{обж}} = 1.484 \times 10^5 \text{ Н} \quad P_{\bar{6}2} = 3.599 \times 10^4 \text{ Н}$$

Расчетная нагрузка на болты фланцевых соединений при затяжке фланцевого соединения:

$$P_{\bar{6}M} := \max(P_{\bar{6}1}, P_{\bar{6}2}) \quad P_{\bar{6}M} = 3.599 \times 10^4 \text{ Н}$$

Расчетная нагрузка на болты фланцевых соединений в рабочих условиях

$$P_{\bar{6}p} := P_{\bar{6}M} + (1 - \alpha) \cdot (Q_d + F) + Q_t + \frac{4 \cdot (1 - \alpha_M) \cdot |M|}{D_{\text{сп}}} \quad (53)$$

$$P_{\bar{6}p} = 4.021 \times 10^4 \text{ Н}$$

2.3.2. Проверка прочности болтов и прокладки

Расчетные напряжения в болтах

- при затяжке

$$\sigma_{61} := \frac{P_{6M}}{A_6} \quad \sigma_{61} = 58.8 \text{ МПа} \quad (54)$$

- в рабочих условиях

$$\sigma_{62} := \frac{P_{6p}}{A_6} \quad \sigma_{62} = 65.701 \text{ МПа} \quad (55)$$

Проверка условий прочности болтов (шпилек) при затяжке и в рабочих условиях

$$Us1_1 := \begin{cases} \text{"Условия прочности в при затяжке НЕ выполняются"} & \text{if } \sigma_{61} > \sigma_{206} \\ \text{"Условия прочности в рабочих условиях НЕ выполняются"} & \text{if } \sigma_{62} > \sigma_{д.6} \\ \text{"Условия прочности выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Us1_1 = "Условия прочности выполняются"

$$\sigma_{61} = 58.8 \text{ МПа} \quad \sigma_{62} = 65.701 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{206} = 147 \text{ МПа} \quad \sigma_{д.6} = 139.5 \text{ МПа}$$

Удельное давление на прокладку

$$q := \frac{\max(P_{6M}, P_{6p})}{\pi \cdot D_{сп} \cdot b_{п}} \quad q = 23.702 \text{ МПа} \quad (56)$$

Условие прочности прокладки (проверяется для мягких прокладок)

$$Us1_2 := \begin{cases} \text{"Условие прочности прокладки НЕ выполняется"} & \text{if } q > q_d \\ \text{"Условие прочности прокладки выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Us1_2 = "Условие прочности прокладки выполняется"

$$q = 23.702 \text{ МПа} \quad q_d = 130 \text{ МПа}$$

2.3.3. Расчет фланцев на статическую прочность

Расчетный изгибающий момент, действующий на приварной встык фланца или плоский фланец при затяжке:

$$M_M := C_F \cdot P_{\bar{\sigma}_M} \cdot b \quad M_M = 5.697 \times 10^5 \text{ Н*мм} \quad (57)$$

Расчетный изгибающий момент, действующий на фланец в рабочих условиях

$$M_p := C_F \cdot \max[P_{\bar{\sigma}_p} \cdot b + (Q_d + Q_{FM}) \cdot e, |Q_d + Q_{FM}| \cdot e] \quad (58)$$

$$M_p = 6.568 \times 10^5 \text{ Н*мм}$$

Расчетные напряжения во фланце при затяжке:

- меридиональное изгибное напряжение во втулке приварного встык фланца, обечайке плоского фланца

$$\sigma_{0M} := \frac{M_M}{\lambda \cdot (S_0 - c_0)^2 \cdot D_{\text{пр}}} \quad \sigma_{0M} = 171.451 \text{ МПа} \quad (59)$$

- напряжения в тарелке приварного встык фланца или плоского фланца в условиях затяжки:

- радиальное напряжение

$$\sigma_{RM} := \frac{1.33 \cdot \beta_F \cdot h + l_0}{\lambda \cdot h^2 \cdot l_0 \cdot D} \cdot M_M \quad \sigma_{RM} = 8.678 \text{ МПа} \quad (60)$$

- окружное напряжение

$$\sigma_{TM} := \frac{\beta_Y \cdot M_M}{h^2 \cdot D} - \beta_Z \cdot \sigma_{RM} \quad \sigma_{TM} = 80.917 \text{ МПа} \quad (61)$$

Расчетные напряжения во фланце в рабочих условиях:

- меридиональные изгибные напряжения для прямой втулкой и плоских фланцев

$$\sigma_{0p} := \frac{M_p}{\lambda \cdot (S_0 - c_o)^2 \cdot D_{пр}} \quad \sigma_{0p} = 197.684 \quad \text{МПа} \quad (59)$$

- максимальные меридиональные мембранные напряжения в обечайке плоского фланца

$$\sigma_{0mp} := \max \left[\frac{Q_d + F + \frac{4|M|}{D_{сп}}}{\pi \cdot (D + S_0) \cdot (S_0 - c_o)}, \frac{Q_d + F - \frac{4|M|}{D_{сп}}}{\pi \cdot (D + S_0) \cdot (S_0 - c_o)} \right] \quad (62)$$

$$\sigma_{0mp} = 7.944 \quad \text{МПа}$$

Напряжения в тарелке плоского фланца в рабочих условиях:

- радиальное напряжение

$$\sigma_{Rp} := \frac{1.33 \cdot \beta_F \cdot h + l_0}{\lambda \cdot h^2 \cdot l_0 \cdot D} \cdot M_p \quad \sigma_{Rp} = 10.006 \quad \text{МПа} \quad (60)$$

- окружное напряжение

$$\sigma_{Tp} := \frac{\beta_Y \cdot M_p}{h^2 \cdot D} - \beta_Z \cdot \sigma_{Rp} \quad \sigma_{Tp} = 93.298 \quad \text{МПа} \quad (61)$$

Расчетные напряжения во фланце в рабочих условиях:

- меридиональные изгибные напряжения для приварных встык фланцев с прямой втулкой и плоских фланцев

$$\sigma_{0p} := \frac{M_p}{\lambda \cdot (S_0 - c_o)^2 \cdot D_{пр}} \quad \sigma_{0p} = 197.684 \quad \text{МПа}$$

- максимальные меридиональные мембранные напряжения в обечайке плоского фланца

$$\sigma_{0mp} := \max \left[\frac{Q_d + F + \frac{4|M|}{D_{сп}}}{\pi \cdot (D + S_0) \cdot (S_0 - c_o)}, \frac{Q_d + F - \frac{4|M|}{D_{сп}}}{\pi \cdot (D + S_0) \cdot (S_0 - c_o)} \right]$$

$$\sigma_{0mp} = 7.944 \quad \text{МПа}$$

Напряжения в тарелке приварного встык фланца или плоского фланца в рабочих условиях:

- радиальное напряжение

$$\sigma_{Rp} := \frac{1.33 \cdot \beta_F \cdot h + l_0}{\lambda \cdot h^2 \cdot l_0 \cdot D} \cdot M_p \quad \sigma_{Rp} = 10.006 \quad \text{МПа}$$

- окружное напряжение

$$\sigma_{Tp} := \frac{\beta_Y \cdot M_p}{h^2 \cdot D} - \beta_Z \cdot \sigma_{Rp} \quad \sigma_{Tp} = 93.298 \quad \text{МПа}$$

Проверка условий статической прочности фланцев

$$\sigma_{Pmax} := \max \left(\left(\begin{array}{c} |\sigma_{0p} - \sigma_{0mp} + \sigma_{Tp}| \\ |\sigma_{0p} - \sigma_{0mp} + \sigma_{Rp}| \\ |\sigma_{0p} + \sigma_{0mp}| \end{array} \right) \right)$$

$$\sigma_{3max} := \max(|\sigma_{0M} + \sigma_{RM}|, |\sigma_{0M} + \sigma_{TM}|)$$

PR_1 := "Условия статической прочности при затяжке и в рабочих условиях выполняются"

PR_3 := "Условия статической прочности НЕ выполняются"

KT = 1.3 при расчете с учетом стесненности температурных деформаций.
При расчете без учета стесненности температурных деформаций KT = 1.

$$K_T := 1.3$$

$$Usl_3 := \begin{cases} PR_1 & \text{if } \sigma_{TM} < \sigma_{206} \wedge \sigma_{Tp} < \sigma_{д.ф} \\ PR_3 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Usl_3 = "Условия статической прочности при затяжке и в рабочих условиях выполняются"

$$\sigma_{TM} = 80.917 \quad \text{МПа} \quad \sigma_{206} := 147 \quad \text{МПа}$$

$$\sigma_{Tp} = 93.298 \quad \text{МПа} \quad \sigma_{д.ф} = 138.5 \quad \text{МПа}$$

Проверка углов поворота фланцев

Угол поворота плоского фланца

$$\Theta := M_p \cdot y_{\Phi} \cdot \frac{E_{20}}{E} \quad \Theta = 6.979 \times 10^{-4} \quad (63)$$

Допустимый угол поворота плоского фланца $\Theta_d := 0.013$

$$Usl_P := \begin{cases} \text{"Условие при испытаниях НЕ выполняется"} & \text{if } \Theta > 1.3 \cdot \Theta_d \\ \text{"Условие в рабочих условиях НЕ выполняется"} & \text{if } \Theta > \Theta_d \\ \text{"Условие поворота плоского фланца выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$Usl_P = \text{"Условие поворота плоского фланца выполняется"}$

2.3.4. Выбор фланца для патрубка выхода конденсата.

По расчету диаметр патрубка для конденсата $d_{п.к.} = 0.0065$ метра, принимаем стандартный диаметр $d_{п.к.} = 0.025$ метра. Длину патрубка принимаем стандартную $H = 0.12$ метра.

Выбираем фланец по ГОСТу 54432-2011

2.4. Расчёт обечайки нагруженной опорными нагрузками от воздействия седловых опор

Сосуды работающие под внутренним избыточным давлением

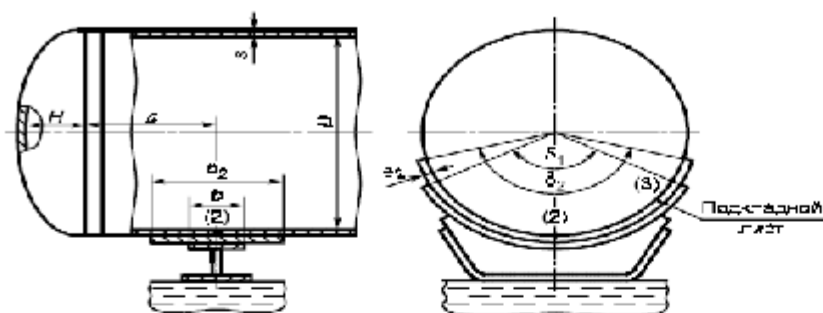


Рисунок 3.2.

Исходные данные:

Аппарат изготовлен из стали 20

$\rho := 7859$ плотность стали 20, кг/м³

$H := 0$ высота выпуклой части днища по внутренней поверхности без учета цилиндрической отбортовки, мм;

$L := 6340$ длина цилиндрической части сосуда, включая длину цилиндрической отбортовки днища, мм;

$D := 121$ внутренний диаметр цилиндрической обечайки, мм;

$p_{rab} := 0.7$ внутреннее избыточное давление, МПа

$\phi := 1$ коэффициент прочности сварных швов обечайки, расположенных в области опорного узла;

$E := 1.91 \cdot 10^5$ модуль продольной упругости при расчетной температуре, МПа

$b := 250$ ширина седловой опоры, мм;

$s_2 := 6$ исполнительная толщина подкладного листа, мм;

$b_2 := 300$ ширина подкладного листа, мм;

$\sigma_t := 138$ допускаемое напряжение при расчетной температуре, МПа;

$\sigma_T := 207.6$ предел текучести при расчетной температуре, МПа;

$\sigma_{20} := 147$ допускаемое напряжение при температуре 20 °С, МПа;

$a := 2000$ длина выступающей цилиндрической части сосуда, включая отбортовку днища, мм;

$e := a + H$ длина свободновыступающей части эквивалентного сосуда, мм;

$t_{\text{rab}} := 164$ рабочая температура в аппарате, °С;

$c := 1.5$ сумма прибавок к расчетной толщине стенки, мм;

$\delta_1 := 120 \cdot \text{deg}$ угол охвата седловой опоры, °;

$\delta_2 := 140 \cdot \text{deg}$ угол охвата сосуда подкладным листом, °.

В качестве основной расчётной схемы принимаем цилиндрический сосуд постоянного сечения симметрично опёртый на две опоры (рис.4).

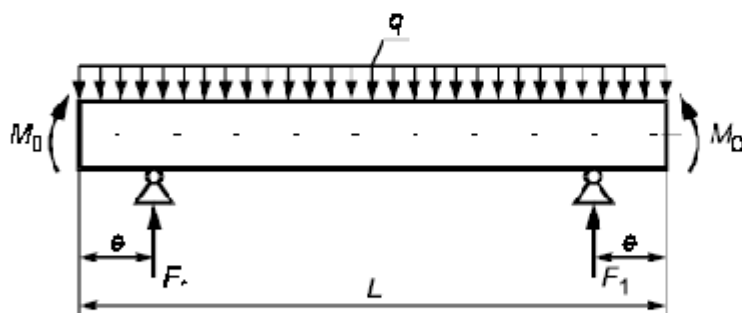


Рисунок 4.2.

Выберите условие нагружения:

$z := 1$ Внутреннее давление

Выберите условие работы аппарата:

$o := 1$ Рабочие условия

Расчётные данные:

Расчётная температура

$$t := \begin{cases} \max(t_{\text{rab}}, 20) & \text{if } o = 1 \\ 20 & \text{if } o = 2 \end{cases}$$

°C

$$t = 164$$

Допускаемое напряжение при расчетной температуре:

Принимаем по **ГОСТ Р 52857.1-2007** при расчётной температуре $t=164^{\circ}\text{C}$

$$\sigma_d := \begin{cases} \text{Floor}(\sigma_t \cdot \phi, 0.5) & \text{if } o = 1 \\ \text{Floor}\left(\frac{\sigma_T}{1.1}, 0.5\right) & \text{if } o = 2 \end{cases}$$
$$\sigma_d = 138 \quad \text{МПа}$$

Расчётное давление:

$$p := \begin{cases} p_{\text{rab}} & \text{if } o = 1 \\ 1.25 \cdot p_{\text{rab}} \cdot \frac{\sigma_{20}}{\sigma_t} & \text{if } o = 2 \end{cases}$$
$$p = 0.7 \quad \text{МПа}$$

Исполнительная толщина стенки:

$$s_r := \frac{p \cdot D}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_d - p} \quad (64)$$

$$s := \text{floor}(s_r + c + 1)$$

$$s = 2 \quad \text{мм}$$

Допускаемое наружное давление

$$n_y := \begin{cases} 2.4 & \text{if } o = 1 \\ 1.8 & \text{if } o = 2 \end{cases}$$

$$p_d := \begin{cases} p_{dp} \leftarrow \frac{2 \cdot \sigma_d \cdot (s - c)}{D + (s - c)} \\ B_1 \leftarrow \min \left[1.0, 9.45 \cdot \frac{D}{L} \cdot \sqrt{\frac{D}{100 \cdot (s - c)}} \right] \\ p_{dE} \leftarrow \frac{2.08 \cdot 10^{-5} \cdot E}{n_y \cdot B_1} \cdot \frac{D}{L} \cdot \left[\frac{100 \cdot (s - c)}{D} \right]^{2.5} \\ p_d \leftarrow \frac{p_{dp}}{\sqrt{1 + \left(\frac{p_{dp}}{p_{dE}} \right)^2}} \end{cases}$$

$$p_d = 0.012 \quad \text{МПа}$$

Вес аппарата:

$$A_k := 14 \cdot (377 \cdot D) \quad \text{- площадь калача}$$

$$A_1 := (\pi \cdot D \cdot L) \cdot 15 \quad \text{- площадь корпуса}$$

$$\begin{cases} A_k \leftarrow 14 \cdot (377 \cdot D \cdot 5) \\ A_1 \leftarrow (\pi \cdot D \cdot L) \cdot 15 \\ m_k \leftarrow \rho \cdot (2 \cdot A_k \cdot s + A_1 \cdot s) \cdot 10^{-9} \\ G \leftarrow 9.8 \cdot m_k \end{cases}$$

$$G = 6.552 \times 10^3 \quad \text{Н}$$

Принимаем 2 седловых опоры тогда нагрузка на 1 опору:

$$G_b := \frac{G}{2} = 3.276 \times 10^3 \quad \text{Н}$$

Проверка применимости формул:

$$\text{Prov} := \left\{ \begin{array}{l} \text{"Формулы применимы"} \quad \text{if} \quad \left\{ \begin{array}{l} A_k \geq (s - c) \cdot \sqrt{D \cdot (s - c)} \\ 60 \cdot \text{deg} \leq \delta_1 \leq 180 \cdot \text{deg} \\ \frac{s - c}{D} \leq 0.5 \\ s_2 \geq s \end{array} \right. \\ \text{"Формулы НЕ применимы"} \quad \text{otherwise} \end{array} \right.$$

Prov = "Формулы применимы"

Нагрузки на корпус аппарата:

$$q := \frac{G}{L + \frac{4 \cdot H}{3}} \quad q = 1.033 \quad \frac{\text{H}}{\text{мм}} \quad (65)$$

$$M_0 := q \cdot \frac{D^2}{16} \quad M_0 = 945.696 \quad \text{H} \cdot \text{мм} \quad (66)$$

Опорное усилие принимаем 2 опоры:

$$F_1 := \frac{G}{2} \quad (67)$$

$$F_1 = 3.276 \times 10^3 \quad \text{H}$$

Момент над опорой:

$$M_1 := \frac{q \cdot e^2}{2} - M_0 \quad M_1 = 2.066 \times 10^6 \quad \text{H} \cdot \text{мм} \quad (68)$$

Максимальный момент между опорами:

$$M_{12} := M_0 + F_1 \cdot \left(\frac{L}{2} - a \right) - \frac{q}{2} \cdot \left(\frac{L}{2} + \frac{2}{3} \cdot H \right)^2 \quad (69)$$

$$M_{12} = -1.359 \times 10^6 \quad \text{H} \cdot \text{мм}$$

Поперечное усилие в сечении оболочки над опорой:

$$Q_1 := \frac{L - 2 \cdot a}{L + \frac{4}{3} \cdot H} \cdot F_1 \quad Q_1 = 1.209 \times 10^3 \quad \text{H} \quad (70)$$

2.4.1. Проверка несущей способности обечайки в сечении между опорами

Допускаемый изгибающий момент:

$$M_d := \begin{cases} M_p \leftarrow \frac{\pi}{4} \cdot D \cdot (D + s - c)(s - c) \cdot \sigma_d \\ M_E \leftarrow \frac{8.9 \cdot 10^{-5} \cdot E}{n_y} \cdot D^3 \cdot \left[\frac{100 \cdot (s - c)}{D} \right]^{2.5} \\ M_d \leftarrow \frac{M_p}{\sqrt{1 + \left(\frac{M_p}{M_E} \right)^2}} \end{cases}$$

$$M_d = 6.896 \times 10^5 \quad \text{Н} \cdot \text{мм}$$

Дополнительные вычисления:

K9 - коэффициент, учитывающий частичное заполнение жидкостью

$$x := \frac{L}{D} \quad y := \frac{D}{(s - c)}$$

$$W1 := -0.20924 \cdot (x - 1) + 0.028702 \cdot x \cdot (x - 1) + 0.4795 \cdot 10^{-3} \cdot y \cdot (x - 1)$$

$$W2 := -\left[0.2391 \cdot 10^{-6} \cdot x \cdot y \cdot (x - 1) + 0.29936 \cdot 10^{-2} \cdot (x - 1) \cdot x^2 + 0.85692 \cdot 10^{-6} \cdot (x - 1) \cdot y^2 \right]$$

$$W3 := 0.88174 \cdot 10^{-6} \cdot x^2 \cdot (x - 1) \cdot v - 0.75955 \cdot 10^{-8} \cdot v^2 \cdot (x - 1) \cdot x$$

$$W4 := 0.82748 \cdot 10^{-4} \cdot (x - 1) \cdot x^3 + 0.48168 \cdot 10^{-9} \cdot (x - 1) \cdot y^3$$

$$K_9 := \max(1.6 + W1 + W2 + W3 + W4, 1)$$

$$K_9 = 290.012$$

Проверка условия прочности:

$$\text{Проверка1} := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется."} & \text{if } \frac{\pi \cdot D}{4 \cdot (s - c)} + \frac{4 \cdot M_{12} \cdot K_9}{\pi \cdot D^2 \cdot (s - c)} \leq \sigma_d \cdot \phi \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется. Увеличить толщину стенки"} & \text{otherwise} \\ \text{"Проверка не выполняется"} & \text{if } z = 2 \end{cases}$$

$$\text{Проверка1} = \text{"Условие прочности выполняется."}$$

Примем: $s := 6 \text{ мм}$

$$\text{Проверка1} := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется."} & \text{if } \frac{\pi \cdot D}{4 \cdot (s - c)} + \frac{4 \cdot M_{12} \cdot K_9}{\pi \cdot D^2 \cdot (s - c)} \leq \sigma_d \cdot \phi \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется. Увеличить толщину стенки"} & \text{otherwise} \\ \text{"Проверка не выполняется"} & \text{if } z = 2 \end{cases}$$

Проверка1 = "Условие прочности выполняется."

Проверка условия устойчивости:

$$p_v := \begin{cases} 0 & \text{if } z = 1 \\ p & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Проверка2} := \begin{cases} \text{"Условие устойчивости выполняется."} & \text{if } \frac{p_v}{p_d} + \frac{M_{12}}{M_d} \leq 1 \\ \text{"Условие устойчивости НЕ выполняется."} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Проверка2 = "Условие устойчивости выполняется."

2.4.2. Проверка несущей способности обечайки, неукреплённой кольцами жесткости в области опорного узла

Параметр, определяемый расстоянием до днища:

$$\gamma := 2.83 \cdot \frac{a}{D} \cdot \sqrt{\frac{(s - c)}{D}} \quad \gamma = 9.021 \quad (71)$$

Параметр, определяемый шириной пояса опоры:

$$\beta_1 := 0.91 \cdot \frac{b}{\sqrt{D \cdot (s - c)}} \quad \beta_1 = 9.75 \quad (72)$$

Общее меридиональное мембранное напряжение изгиба, действующие в области опорного узла.

$$\sigma_{mx} := \frac{4 \cdot M_1}{\pi \cdot D^2 \cdot (s - c)} \quad \sigma_{mx} = 39.926 \text{ МПа} \quad (73)$$

Выберите вид обечайки:

u := 2 Цилиндрическая обечайка с подкладными листами

$$w := \begin{cases} s - c & \text{if } u = 1 \\ (s - c) \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{s_2}{s - c}\right)^2} & \text{if } u = 2 \end{cases}$$

$$b := \begin{cases} b & \text{if } u = 1 \\ b_2 & \text{if } u = 2 \end{cases}$$

$$\delta := \begin{cases} \delta_1 & \text{if } u = 1 \\ \delta_2 & \text{if } u = 2 \end{cases}$$

$$F_1 \leq \min(F_{d2}, F_{d3})$$

F_{d2} - допускаемое опорное усилие от нагружения в меридиональном направлении.

F_{d3} - допускаемое опорное усилие от нагружения в окружном направлении

Предельные напряжения изгиба σ_{i2} , σ_{i3} :

Коэффициенты для определения $\sigma_{ij} = K_1 \cdot K_2 \cdot \sigma_d$

$$K_2 := \begin{cases} 1.25 & \text{if } o = 1 \\ 1.05 & \text{if } o = 2 \end{cases}$$

$$K_2 = 1.25$$

K_{10} -коэффициент, учитывающий влияние ширины пояса опоры

$$K_{10} := \max\left(\frac{e^{-\beta_1} \cdot \sin(\beta_1)}{\beta_1}, 0.25\right) \quad K_{10} = 0.25 \quad (74)$$

K_{12} -коэффициент, учитывающий влияние угла охвата

$$K_{12} := \frac{1.15 - 0.1432 \cdot \delta}{\sin(0.5 \cdot \delta)} \quad K_{12} = 0.851$$

K_{14} -коэффициент, учитывающий влияние угла охвата

$$K_{14} := \frac{1.45 - 0.43 \cdot \delta}{\sin(0.5 \cdot \delta)} \quad K_{14} = 0.425$$

K_{16} -коэффициент, учитывающий влияние расстояния до днища

$$K_{16} := 1 - \frac{0.65}{1 + (6 \cdot \gamma)^2} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{3 \cdot \delta}} \quad K_{16} = 1$$

K_{17} -коэффициент, учитывающий влияние ширины пояса опоры

$$K_{17} := \frac{1}{1 + 0.6 \cdot \sqrt[3]{\frac{D}{w} \cdot \frac{b}{D} \cdot \delta}}$$

K_{13} - коэффициент, учитывающий влияние угла охвата

$$K_{13} := \frac{\max\left(1.7 - \frac{2.1 \cdot \delta}{\pi}, 0\right)}{\sin(0.5 \cdot \delta)} \quad K_{13} = 0.071$$

K_{15} -коэффициент, учитывающий влияние расстояние до днища

$$K_{15} := \min\left(1, \frac{0.8 \cdot \sqrt{\gamma} + 6 \cdot \gamma}{\delta}\right) \quad K_{15} = 1$$

K_{11} -коэффициент, учитывающий влияние ширины пояса опоры

$$K_{11} := \frac{1 - e^{-\beta_1} \cdot \cos(\beta_1)}{\beta_1} \quad K_{11} = 0.103$$

$$v_{12} := \frac{-0.23 \cdot K_{13} \cdot K_{15}}{K_{12} \cdot K_{10}}$$

$$v_{13} := \frac{-0.53 \cdot K_{11}}{K_{14} \cdot K_{16} \cdot K_{17} \cdot \sin(0.5 \cdot \delta)}$$

$$v_{212} := -\sigma_{mx} \cdot \frac{1}{K_2 \cdot \sigma_d}$$

$$v_{213} := 0$$

$$v_{222} := \left(\frac{p \cdot D}{4 \cdot w} - \sigma_{mx}\right) \cdot \frac{1}{K_2 \cdot \sigma_d}$$

$$v_{223} := \frac{p \cdot D}{2 \cdot w} \cdot \frac{1}{K_2 \cdot \sigma_d}$$

$$K_{112} := \frac{1 - v_{212}^2}{\left(\frac{1}{3} + v_{12} \cdot v_{212}\right) + \sqrt{\left(\frac{1}{3} + v_{12} \cdot v_{212}\right)^2 + (1 - v_{212}^2) \cdot v_{12}^2}}$$

$$K_{112} = 1.333$$

$$K_{122} := \frac{1 - v_{213}^2}{\left(\frac{1}{3} + v_{13} \cdot v_{213}\right) + \sqrt{\left(\frac{1}{3} + v_{13} \cdot v_{213}\right)^2 + (1 - v_{213}^2) \cdot v_{13}^2}}$$

$$K_{122} = 0.568$$

$$K_{113} := \frac{1 - v_{222}^2}{\left(\frac{1}{3} + v_{12} \cdot v_{222}\right) + \sqrt{\left(\frac{1}{3} + v_{12} \cdot v_{222}\right)^2 + (1 - v_{222}^2) \cdot v_{12}^2}}$$

$$K_{113} = 1.348$$

$$K_{123} := \frac{1 - v_{223}^2}{\left(\frac{1}{3} + v_{13} \cdot v_{223}\right) + \sqrt{\left(\frac{1}{3} + v_{13} \cdot v_{223}\right)^2 + (1 - v_{223}^2) \cdot v_{13}^2}}$$

$$K_{123} = 0.586$$

$$K_{1.2} := \min(K_{112}, K_{122}) \quad K_{1.2} = 0.568$$

$$K_{1.3} := \min(K_{113}, K_{123}) \quad K_{1.3} = 0.586$$

$$\sigma_{i2} := K_{1.2} \cdot K_2 \cdot \sigma_d \quad \sigma_{i2} = 98.035 \quad \text{МПа} \quad (75)$$

$$\sigma_{i3} := K_{1.3} \cdot K_2 \cdot \sigma_d \quad \sigma_{i3} = 101.152 \quad \text{МПа}$$

$$F_{d2} := \frac{0.7 \cdot \sigma_{i2} \cdot \sqrt{D \cdot w} \cdot (w)}{K_{10} \cdot K_{12}} \quad F_{d2} = 7.284 \times 10^4 \quad \text{Н} \quad (76)$$

$$F_{d3} := \frac{0.9 \cdot \sigma_{i3} \cdot \sqrt{D \cdot w} \cdot (w)}{K_{14} \cdot K_{16} \cdot K_{17}} \quad F_{d3} = 4.93 \times 10^5 \quad \text{Н}$$

$$F_1 \leq \min(F_{d2}, F_{d3})$$

Проверка условия прочности:

$$\text{Проверка3} := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется."} & \text{if } F_1 \leq \min(F_{d2}, F_{d3}) \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется."} & \text{otherwise} \\ \text{"Проверка не выполняется"} & \text{if } z = 2 \end{cases}$$

$$\text{Проверка3} = \text{"Условие прочности выполняется."}$$

Проверка условия устойчивости:

$$\frac{p_v}{p_d} + \frac{M_1}{M_d} + \frac{F_e}{F_d} + \left(\frac{Q}{Q_d} \right)^2 \leq 1$$

где F_e - эффективное осевое усилие от местных мембранных напряжений, действующих в области опоры.

$$F_e := F_1 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \sqrt{\frac{D}{(w)}} \cdot K_{13} \cdot K_{15} \quad F_e = 43.115 \quad \text{Н}$$

Допускаемое поперечное усилие:

$$Q_d := \begin{cases} Q_{dp} \leftarrow 0.25 \cdot \sigma_d \cdot \pi \cdot D \cdot (w) \\ Q_{de} \leftarrow \frac{2.4 \cdot E \cdot (w)^2}{n_y} \cdot \left[0.18 + 3.3 \cdot \frac{D \cdot (w)}{L^2} \right] \\ Q_d \leftarrow \frac{Q_{dp}}{\sqrt{1 + \left(\frac{Q_{dp}}{Q_{de}} \right)^2}} \end{cases}$$

$$Q_d = 9.823 \times 10^4 \quad \text{Н}$$

Допускаемое усилие из условия устойчивости:

$$F_d := \pi \cdot (D + w) \cdot (w) \cdot \sigma_d \quad F_d = 4.178 \times 10^5 \quad \text{Н}$$

$$\text{Пров}_4 := \begin{cases} \text{"Условие устойчивости выполняется."} & \text{if } \frac{p_v}{p_d} + \frac{M_1}{M_d} + \frac{F_e}{F_d} + \left(\frac{Q_1}{Q_d} \right)^2 \leq 1 \\ \text{"Условие устойчивости НЕ выполняется."} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Пров}_4 = \text{"Условие устойчивости выполняется."}$$

Модернизация битумно-эмульсионной установки с проектированием теплового оборудования

3. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА

Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

3.1 Предпроектный анализ

Потенциальные потребители

Продукт: Битумная эмульсия

Целевой рынок: дорожные службы, население города

3.2 SWOT-анализ.

Качественный подход к описанию рисков заключается в детальном и последовательном рассмотрении содержательных факторов, несущих неопределенность, и завершается формированием причин основных рисков и мер по их снижению. Одной из методик анализа сильных и слабых сторон предприятия, его внешних благоприятных возможностей и угроз является SWOT-анализ.

Таблица 1 - SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями. С4. Квалифицированный руководитель.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие потенциальных потребителей Сл2. Большое количество конкурентов
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт научных исследований В3. Повышение стоимо-	Проектирование участка по производству битумной эмульсии	1. Повышение квалификации кадров 2. Привлечение новых заказчиков

сти конкурентных разработок		
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Развитая конкуренция технологий производства	1. Продвижение новой технологии с целью появления спроса 2. Использование импортного сырья 3. Применение технологии к альтернативным источникам	1. Повышение квалификации кадров 2. Привлечение новых заказчиков 3. Применение технологии к альтернативным источникам

3.3 Расчёт производственной мощности

Производственная мощность действующей установки – это максимально возможный годовой выпуск готовой продукции в номенклатуре и ассортименте, предусмотренных на плановый период при наилучшем использовании производственного оборудования.

$$M = \Pi \cdot T_{\text{эфф}} \cdot K_{\text{об}},$$

где Π – производительность оборудования в единицу времени

($\Pi = 48 \text{ т / день}$);

$T_{\text{эфф}}$ – эффективный фонд времени работы оборудования;

$K_{\text{об}}$ – количество однотипного оборудования, установленного в цехе.

Эффективный фонд времени оборудования:

$$T_{\text{эфф}} = T_{\text{ном}} - T_{\text{ППР}} - T_{\text{ТО}},$$

где $T_{\text{ном}}$ – номинальный фонд работы оборудования;

$T_{\text{ППР}}$ – время простоя в ремонтах за расчетный период;

$T_{\text{ТО}}$ – время технологических остановок.

$$T_{ном} = T_{кал} - T_{вых} - T_{пр} ,$$

где $T_{кал}$ – календарный фонд времени;

$T_{вых}$ – количество выходных дней в году;

$T_{пр}$ – количество праздничных дней в году.

Таблица 2

Баланс рабочего времени оборудования

Показатели	Количество дней (часов)
Календарный фонд времени	215 (5160)
Режимные потери рабочего времени <ul style="list-style-type: none"> • выходные • праздники 	- -
Номинальный фонд рабочего времени	215 (5160)
Простой оборудования в ремонтах	14(336)
Эффективное время работы оборудования за сезон	153 (3672)

Производственная мощность равна:

$$M = 48 \cdot 153 \cdot 1 = 7344 \text{ м / год} .$$

Для анализа использования оборудования рассчитываем экстенсивный и интенсивный коэффициенты.

Коэффициент экстенсивного использования оборудования равен:

$$K_{экс} = T_{эфф} / T_{ном} = 153 / 215 = 0,71 .$$

Коэффициент интенсивного использования оборудования равен:

$$K_{инт} = Q_{пп} / Q_{max} = 20 / 48 = 0,41 .$$

где $Q_{пп}$ – производительность единицы оборудования в единицу времени;

Q_{max} – максимальная производительность в единицу времени.

Интегральный коэффициент использования мощности:

$$K_{им} = K_{экс} \cdot K_{инт} = 0,71 \cdot 0,41 = 0,29 .$$

Для определения фактического выпуска продукции рассчитывается производственная программа ($N_{год}$):

$$N_{год} = K_{им} \cdot M = 0,29 \cdot 7344 = 2137,83 \text{ м / год} ,$$

где $K_{им}$ – коэффициент использования мощности.

Вывод: установка работает на неполную мощность, степень загрузки равна 29%.

3.4 Расчет себестоимости готовой продукции по действующему производству

3.4.1 Расчет численности персонала

Таблица 3

Расчет численности ИТР, служащих и МОП

Профессия	Категория	Тарифный разряд	Количество смен в сутках	Штатная численность
Начальник участка	ИТР	Высшее	1	1
Бухгалтер		Высшее	1	1
Итого				2
Старший оператор	Производственный рабочий	5	1	1
Оператор установки	Производственный рабочий	5	1	1
Итого				2
Дежурный слесарь-электрик	Ремонтный персонал	4	1	4
Дежурный слесарь КИП		4	1	4
Итого				8
Итого				12

Расчет баланса эффективного годового времени одного среднесписочного работника.

Таблица 4

Баланс эффективного времени одного среднесписочного работника

№	Показатели	Дни	Часы
1.	Календарный фонд рабочего времени	215	1720
2.	Нерабочие дни выходные праздничные	72 -	
3.	Номинальный фонд рабочего времени	143	1144
4.	Планируемые невыходы очередные и дополнительные отпуска невыходы по болезни декретные отпуска отпуск в связи с учебой без отрыва от производства выполнение гос. обязанностей	0 0 - - 2	
5.	Эффективный фонд рабочего времени	141	1128

Количество выходных дней в году, ночных смен определяется из графика сменности.

Таблица 5

График сменности

Часы ра- боты	Дни месяца															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
8	А	А	А	А	А	В	В	А	А	А	А	А	В	А	А	А

А – Рабочие дни.

В – Выходные дни

3.4.2 Расчет годового фонда заработной платы персонала

Расчет годового фонда зарплаты ИТР, служащих и МОП производится на основании их окладов.

Общий фонд заработной платы рабочих за год:

$$З_{год} = З_{осн} + З_{доп},$$

где $З_{осн}$ – основной фонд заработной платы рабочих, тыс. руб;

$З_{доп}$ – дополнительный фонд заработной платы рабочих, тыс. руб.

Основной фонд заработной платы для рабочих повременников:

$$З_{осн} = З_{тар} + Пр + Д_{н.вр.} + Д_{пр.дни} + Д_{бриг} ,$$

где $З_{тар}$ – тарифный фонд заработной платы, тыс. руб.;

$Пр$ – оплата премий, тыс. руб.;

$Д_{н.вр.}$ – доплата за работу в ночное время, тыс. руб.;

$Д_{пр.дни}$ – доплата за работу в праздничные дни, тыс. руб.;

$Д_{бриг}$ – доплата не освобожденным бригадирам, тыс. руб.

Тарифный фонд заработной платы:

$$З_{тар} = \sum Ч_{сп} \cdot T_{ст} \cdot T_{эфф.раб} ,$$

где $Ч_{сп}$ – списочная численность рабочих данного разряда, чел.;

$T_{ст}$ – дневная тарифная ставка данного разряда, тыс. руб.

Размер премий принимаем равным 20–70 % от тарифного фонда заработной платы.

По отношению к тарифному фонду заработной платы доплата за праздничные дни составит 40 %.

Дополнительная зарплата ($З_{доп}$):

$$З_{доп} = (Д_{н} \cdot З_{осн}) / T_{эфф} ,$$

где $Д_{н}$ – количество дней невыхода на работу по планируемыми причинам (отпуск, ученические, гособязанности).

Районный коэффициент для г. Томска – 1,3. Отчисления на социальные нужды на зарплату – 30 % от ($З_{осн} + З_{доп}$).

Общий фонд заработной платы ИТР и бухгалтер за год:

Оклад ИТР – 75 тыс. руб./мес. Годовой фонд зарплаты составит:

$$75 \cdot 7 \cdot 1 = 525 \text{ тыс. руб.}$$

Оклад бухгалтер – 50 тыс./мес. Годовой фонд зарплаты составит:

$$50 \cdot 7 \cdot 1 = 350 \text{ тыс. руб.}$$

Таблица 6

Общий фонд заработной платы повременников

Наименование профессий	Списочная численность	Тарифный разряд	Тарифная ставка, руб./час	Основной фонд заработной платы, тыс. руб.					Дополнительный фонд з/п, тыс.руб.	Общий годовой фонд з/п, тыс. руб.	Общий фонд з/п с учетом районного коэф., тыс.руб.
				Тарифн. фонд	Премия	Доплата за ночн. время	Доплата за работу в празд.	Основной фонд з/п			
Старший оператор	1	5	300	612	122,4	5,2	144,8	884,4	12,54	896,94	1166,02
Оператор установки	1	4	250	338,4	67,68	4,5	135,36	545,94	7,73	553,67	719,77
Ремонтный персонал	8	4	200	1804,8	360,96	10,5	721,92	2898,18	41,1	2939,28	3821,06
Итого:	10	-	-	2755,2	551,04	20,2	1002,8	4328,52	61,37	4389,89	5706,85

3.4.3 Расчет затрат на производство продукции

Определение затрат на сырье и материалы производим исходя из принятого объема производства, удельных норм расхода сырья и материалов и планово-заготовительных цен.

Таблица 7

Расчет годовой потребности в сырье и материалах $Q=2137,83$ т./год

Наименование сырья	Ед.изм.	Цена, руб.	Расход, т		Сумма затрат, руб.	
			На единицу готовой продукции	На весь объем производства	На единицу готовой продукции	На весь объем производства
Битум БНД 90/130	т	16500	0,55	1175,8	9075	19400070
Вода	Куб.м	45,07	0,445	951,33	20,05	51438,41
Эмульгатор	кг	397,75	0,00296	6,32	1177,34	2513780
Кислота соляная	кг	38,14	0,0022	4,7	83,9	179258

Итого					10356,29	22145176,41
-------	--	--	--	--	----------	-------------

Расчет годовой потребности в энергии

Таблица 8

Расчет потребной энергии

Наименование	Расход	Годовой расход	Цена ед., руб.	Годовая сумма затрат, руб.
1. электроэнергия (суммарная), кВт/ч	90	101520	5,21	528919,2
Итого				528919,2

Таблица 9

Расчет амортизационных отчислений

Наименование основных средств	Стоимость, руб.	Норма амортизации, %	Годовые амортизационные отчисления, руб.
1. Установка	3125345	5	156267
1.1. Операторная	50000	5	2500
Итого:	31753450		158767
2. Оборудование:			
2.1. Емкости (4 шт.)	140000	10	14000
2.2. Емкость кислоты	5000	10	500
2.3. Электротены	38000	10	3800
2.4. Насос (битум)	45000	10	4500
2.5 Насос (эмульсия)	45000	10	4500
Итого:	273000		27300
Итого общее:			183810

Таблица 10

Калькуляция себестоимости на производство и реализацию продукции при заданном объеме производства ($Q = 2137,83 \text{ т / год}$)

Наименование статьи расходов	Ед. изм.	Затраты тыс.руб.	
		На 1 т.	На N год
1. Сырье	руб.	10356,29	22145176,41
2. Энергия на технологические нужды	руб.	468,9	1002428,48
3. З/П основных произв. рабочих	руб.	882,1	1885790
4. Отчисления на соц. нужды (30%)	руб.	264,63	565737
Итого условно-переменных издержек	руб.	11971,92	25599131,89
5. Общепроизводственные накладные расходы			
5.1. РСЭО:			
- Амортизация оборудования	руб.	12,76	27300
- Заработная плата ремонтного персонала	руб.	1787,35	3821060
- Отчисление на соц. нужды ремонтного персонала (30%)	руб.	536,20	1146310
5.2. Заработная плата ИТР	руб.	245,57	525000
- Отчисление на соц. нужды ИТР (30%)	руб.	73,67	157500
5.3. Заработная плата бухгалтера	руб.	163,71	350000
- Отчисление на соц. нужды вспомогательного персонала (30%)	руб.	49,11	105000
Итого условно-постоянных издержек	руб.	2868,37	6132170
Производственная себестоимость	Руб.	14840,29	31726017,17

3.5 Определение цены готовой продукции

Цену продукта определяем по формуле:

$$Ц = C \cdot (1 + P / 100),$$

где C – полная себестоимость единицы готовой продукции;

P – рентабельность продукции (%).

Рентабельность продукции можно принять от 10% до 25%.

$$Ц = 14840,29 \cdot (1 + 25 / 100) = 18550,36 \text{ руб./т.}$$

3.6 Анализ безубыточности по действующему производству

Цель анализа – определение точки безубыточности, т.е. минимального объема продаж, начиная с которого предприятие не несет убытков. В точке безубыточности выручка от продажи продукции ($B_{\text{ПР}}$) равна общим затратам на производство и реализацию продукции:

$$B_{\text{ПР}} = \text{Изд}_{\text{пост}} + \text{Изд}_{\text{пер}} \cdot$$

Определение точки безубыточности:

1. Аналитическим способом:

$$Q_{\text{кр}} = \frac{\text{Изд}_{\text{пост}}}{Ц_{1\text{ГП}} - \text{Изд}_{\text{пер 1 ГП}}}, \text{ т.}$$

где $Ц_{1\text{ГП}}$ – цена единицы готовой продукции (1 тонны);

$\text{Изд}_{1\text{ГП}}$ – удельные переменные издержки (переменные издержки на единицу готовой продукции – 1 тонну).

$$Q_{кр} = \frac{6132170}{18550,36 - 11971,92} = 932,16 \text{ т.}$$

2. Графическим способом:



3.7 Расчет производственной мощности на плановый период при альтернативном изменении употребления энергии $Q = 2137,83$ т./год
Завод имеет собственную газовую котельную.

Таблица 11

Расчет годовой потребности в сырье и материалах

Наименование сырья	Ед.изм.	Цена, руб.	Расход, т		Сумма затрат, руб.	
			На единицу готовой продукции	На весь объем производства	На единицу готовой продукции	На весь объем производства
Битум БНД 90/130	т	16500	0,55	1175,8	9075	19400070
Вода	Куб.м	45,07	0,445	951,33	20,05	51438,41
Эмульгатор	кг	397,75	0,00296	6,32	1177,34	2513780
Кислота соляная	кг	38,14	0,0022	4,7	83,9	179258
Итого					10356,29	22145176,41

Таблица 12

Расчет потребной энергии

Наименование	Расход	Годовой расход	Цена ед., руб.	Годовая сумма затрат, руб.
1. электроэнергия (установки), кВт/ч	18	20304	5,21	105783,84
2. Пар, Гкалл/ч	0,164	184,99	120	22199,04
Итого				127982,88

Калькуляция себестоимости на производство и реализацию продукции при заданном объеме производства ($Q = 2137,83 \text{ т / год}$)

Таблица 13

Наименование статьи расходов	Ед. изм.	Затраты руб.	
		На 1 т.	На N год
1. Сырье	руб.	10356,29	22145176,41
2. Энергия на технологические нужды	руб.	10,06	127982,88
3. З/П основных произв. рабочих	руб.	882,1	1885790
4. Отчисления на соц. нужды (30%)	руб.	264,63	565737
Итого условно-переменных издержек	руб.	11513,08	24724686,29
5. Общепроизводственные накладные расходы			
5.1. РСЭО:			
- Амортизация оборудования	руб.	12,76	27300
- Заработная плата ремонтного персонала	руб.	1787,35	3821060
- Отчисление на соц. нужды ремонтного персонала (30%)	руб.	536,20	1146310
5.2. Заработная плата ИТР	руб.	245,57	525000
- Отчисление на соц. нужды ИТР (30%)	руб.	73,67	157500
5.3. Заработная плата бухгалтера	руб.	163,71	350000
- Отчисление на соц. нужды вспомогательного персонала (30%)	руб.	49,11	105000
Итого условно-постоянных издержек	руб.	2868,37	6132170
Производственная себестоимость	руб.	14381,45	30856856,29

3.8 Определение цены готовой продукции

Цену продукта определяем по формуле:

$$Ц = 14381,45 \cdot (1 + 25 / 100) = 17976,81 \text{ руб.}$$

Для дальнейших расчетов примем цену 1 т битумной эмульсии 17976,81 руб.

3.9 Анализ безубыточности по действующему производству

Определение точки безубыточности:

1. Аналитическим способом:

$$Q_{кр} = \frac{6132170}{17976,81 - 11513,08} = 948,70 \text{ т.}$$

2. Графическим способом:



3.10 Определение технико-экономических показателей

Таблица 14

Технико-экономические показатели

Наименование показателя	Ед.изм.	Отчетный год	Плановый год
1. Объем производства	т	2137,83	2137,83
2. Объем продаж	т	2137,83	2137,83
3. Цена 1 тонны	руб.	18550,36	18550,36
4. Выручка от продажи (2*3)	руб.	39657516,11	39657516,11
5. Суммарные издержки	руб.	31731301,89	30856856,29
5.1. Издержки переменные	руб.	25599131,89	24724686,29
5.2. Издержки постоянные	руб.	6132170	6132170
6. Операционная прибыль (4-5)	руб.	7926214,22	8800659,82
7. Налог на прибыль (6*20%)	руб.	1585242,84	1760131,96
8. Чистая прибыль (6-7)	руб.	6340971,38	7040527,86
9. Себестоимость 1 тонны	руб.	14840,29	14381,45
10. Стоимость основных средств	руб.	27300	27300
11. Численность основных рабочих	чел.	8	8
12. Фондовооруженность (10/11)	руб./чел	3412,5	3412,5
13. Фондоотдача (4/10)	руб./руб.	1452,65	1452,65
14. Фондоемкость (10/4)	руб./руб.	0,00068	0,00068
15. Производительность труда (4/11)	руб./чел	4957189,51	4957189,51
16. Рентабельность производства (8*100%/5)	%	19,98	22,81
17. Рентабельность продаж (8*100%/4)	%	15,98	17,75
18. Критический объем продаж(Qкр)	т.	932,16	948,7
19. Критический объем продаж(Qкр)	руб.	17291903,57	17598726,53

Вывод:

В результате альтернативного изменения употребления энергии, мы получили экономический эффект в снижении себестоимости продукта на 1 тонну с 18550,36 рублей по 17976,81 рублей (на 0,96%).

Так как себестоимость готового продукта уменьшилась, предприятие приобретает ценовое конкурентное преимущество, вследствие чего возможно увеличение доли рынка.

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-2К22	Чекрыжов Владимир Сергеевич

Институт	ТПУ	Кафедра	ОХХТ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	18.03.02 Энерго-и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Битумно-эмульсионная установка (БЭУ) по производству катионовой битумной эмульсии
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: —	<p>Рассмотреть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; - приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); — действие фактора на организм человека; — предлагаемые средства защиты; — (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>Рассмотреть:</p> <ul style="list-style-type: none"> — механические опасности (источники, средства защиты); — химические опасности — термические опасности (источники, средства защиты); <p>- электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты)</p>
2. Экологическая безопасность: —	<ul style="list-style-type: none"> — анализ воздействия объекта на атмосферу — анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); <p>- разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками</p>

	на НТД по охране окружающей среды
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС;
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: –	<ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Романцов И.И.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К22	Чекрыжов Владимир Сергеевич		

4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.

Опасные и вредные факторы при выполнении работ по производству битумной эмульсии

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Подготовительные работы: 1. Перекачка битума, кислоты, эмульгатора в емкости; Технологический процесс: 1. Запуск установки; 2. Перекачка эмульсии в гудронаторы (тс)	1. Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе; 2. Превышение уровней шума и вибрации; 3. Повышенная загазованность воздуха рабочей среды.	1. Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; 2. Электрический ток. 3. Химические ожоги;	1. ГОСТ 12.1.007–76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. 2. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки. 3. СН 2.2.4/2.1.8.566. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. – М.: Минздрав России, 1997. 4. ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

4.1. Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

1. Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе.

Источником формирования данного вредного производственного фактора могут являться плохие метеорологические условия, в результате которых возможно отклонение показателей микроклимата в рабочей зоне.

Отклонение показателей микроклимата может привести к ухудшению общего самочувствия рабочего.

В холодный период года допустимая температура воздуха 19,1-22,0 °С.

В теплый период года допустимая температура воздуха 21,1-27,0 °С.

Нормирование параметров на открытых площадках не производится, но определяются конкретные мероприятия по снижению неблагоприятного воздействия их на организм рабочего.

При отклонении показателей микроклимата на открытом воздухе, рабочие должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты, которые предусмотрены отраслевыми нормами и соответствуют времени года. При определенной температуре воздуха и скорости ветра в холодное время работы приостанавливаются.

Таблица 1.4.1. Работы на открытом воздухе приостанавливаются при погодных условиях

Скорость ветра, м/с	Температура воздуха °С
При безветренной погоде	- 40
Не более 5,0	- 35
5,1 – 10,0	- 25
10,1 - 15	- 15
15,1 – 20,0	- 5
Более 20,0	0

2. Превышение уровней шума.

Основными источниками шума являются, машины и механизмы, работа насосных агрегатов, сварочно-монтажные работы.

Шум – это беспорядочное сочетание звуков различной частоты. Источниками шума при проведении ремонтных работ на магистральном нефтепроводе могут стать установки для дробеструйной обработки полумуфт, а также машины для проведения земляных.

Длительное воздействие шумов отрицательно сказывается на эмоциональном состоянии персонала, а также может привести к снижению слуха.

Согласно ГОСТ 12.1.003 – 83 (1999) эквивалентный уровень шума (звука) не должен превышать 80 дБА.

Для предотвращения негативного воздействия шума на рабочих используются средства коллективной и индивидуальной защиты.

Коллективные средства защиты:

- борьба с шумом в самом источнике;
- борьба с шумом на пути распространения (экранирование рабочей зоны (постановкой перегородок, диафрагм), звукоизоляция).

Средства индивидуальной защиты:

- наушники; ушные вкладыши.

3. Утечка токсичных и вредных веществ в атмосферу.

Источниками утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу могут являться битум, эмульгатор, кислота.

Битум содержат углеводороды, пары которых очень опасны для здоровья, следует избегать соприкосновения с кожей. Битум, эмульгатор и кислота токсичны и вызывают раздражение слизистых оболочек, а также кожи лица и рук, кашель,

головокружение, а в некоторых случаях аллергическую реакцию и образование ожогов на коже.

Предельно – допустимая концентрация паров Битума и газов в рабочей зоне не должна превышать по санитарным нормам 300 мг/м³.

При работе с кислотой и эмульгатором, необходимо пользоваться индивидуальными средствами защиты: специальный костюм по ТУ 17 – 08 – 114 – 80; резиновые перчатки по ГОСТ 20010 – 74; сапогами по ГОСТ 12.4.137 – 84; респиратор РПГ – 67А по ГОСТ 12.4.004.

4. Тяжесть и напряженность физического труда.

Тяжелый и напряженный физический труд может повлиять на общее самочувствие рабочего и привести к развитию различных заболеваний.

У людей, занятых тяжелым и напряженным физическим трудом, должен быть 8-ми часовой рабочий день с обеденным перерывом (13⁰⁰ – 14⁰⁰) и периодическими кратковременными перерывами, а также должна быть увеличена заработная плата и продолжительность отпуска.

4.2. Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

1. Поражения электрическим током.

Поражения электрическим током могут являться плохо изолированные токопроводящие части, провода. Известно, что поражение человека электрическим током возможно лишь при замыкании электрической цепи через тело человека, т.е. при прикосновении человека к сети не менее чем в двух точках II и III класс - при эксплуатации в условиях производства во всех случаях, а при подготовке и производстве строительно-монтажных работ в помещениях - в условиях повышенной опасности и вне помещения. При пользовании машинами классов II и III разрешается работать без применения средств индивидуальной защиты, за ис-

ключением подготовки и производства строительно-монтажных работ, когда при работе с электрическими машинами и инструментом класса II необходимо использовать указанные средства. Для защиты от поражения электрическим током применяют коллективные и индивидуальные средства.

Коллективные средства электрозащиты: изоляция токопроводящих частей (проводов) и ее непрерывный контроль, установка оградительных устройств, предупредительная сигнализация и блокировка, использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов, применение малых напряжений, защитное заземление, зануление, защитное отключение.

Изолирующие средства защиты: диэлектрические перчатки, инструменты с изолированными рукоятками, диэлектрические боты, изолирующие подставки.

Вывод: опасность факторов поражения электрическим током не выявлены.

2. Пожара – и взрывоопасность.

Источниками возникновения пожара могут быть устройства электропитания, где в результате различных нарушений образуются перегретые элементы, электрические искры и дуги, способные вызвать загорания горючих материалов, короткие замыкания, перегрузки. Источники взрыва – газовые баллоны, трубопровод под давлением.

Результатам негативного воздействия пожара и взрыва на организм человека являются ожоги различной степени тяжести, повреждения и возможен летальный исход.

Предельно – допустимая концентрация паров битума и газов в рабочей зоне не должна превышать по санитарным нормам 300 мг/м³, при проведении газоопасных работ, при условии защиты органов дыхания, не должно превышать предельно – допустимую взрывобезопасную концентрацию (ПДБК), для паров битума 2100 мг/ м³.

К средствам тушения пожара, предназначенных для локализации небольших загораний, относятся пожарные стволы, огнетушители, сухой песок, асбестовые одеяла, вода. Для предотвращения взрыва необходимо осуществлять постоянный контроль давления по манометрам в трубопроводе.

4.3. Экологическая безопасность.

Для уменьшения выноса загрязняющих веществ с поверхностным стоком должны осуществляться следующие мероприятия: исключение сброса в дождевую канализацию отходов производства; организация регулярной уборки территорий; проведение своевременного ремонта дорожных покрытий; ограждение зон озеленения бордюрами, исключающими смыв грунта на дорожное покрытие; повышение степени пыле- и газоочистки; повышение технического уровня эксплуатации автотранспорта; ограждение строительных площадок с упорядочением отвода поверхностного стока по временной системе открытых лотков, освещением его на 50-70% в отстойниках и последующим сбросом в водные объекты или дальнейшим очищением, локализация участков, где неизбежны просыпи и проливы сырья и промежуточных продуктов с последующим отведением и очисткой поверхностного стока; упорядочение складирования и транспортирования сыпучих и жидких материалов.

Выбор схемы отведения и очистки поверхностного стока определяется его качественной и количественной характеристиками, требуемой степенью очистки и осуществляется на основании технико-экономического сравнения вариантов и оценки технической возможности их реализации.

При попадании в водоемы нефтепродуктов в объеме, который может привести к превышению предельно допустимой концентрации, должны быть немедленно приняты меры по предотвращению их распространения и к последующему удалению.

Учитывая, что нефтепродукты и другие легкие нерастворимые загрязнения до окисления длительное время остаются в виде поверхностной пленки, изоляция места загрязнения производится оконтуриванием боновыми заграждениями.

Сбор и удаление нефтяных загрязнений должны осуществляться механическими способами. В тех случаях, когда это невозможно, могут быть применены впитывающие препараты - сорбенты (пенополиуретан, торф, опилки и др.) с последующим их сбором и удалением. Порядок и условия применения сорбентов должны быть согласованы с контролирующими органами.

Состав и свойства всех материалов, применяемых при выполнении дорожно-строительных и ремонтных работ, должны на момент их использования соответствовать указанным в проектной документации стандартам, техническим условиям и нормам.

Основными условиями минимального загрязнения окружающей среды при приготовлении дорожных материалов является выполнение технологических правил, соответствие исходного сырья и топлива установленным для данного процесса требованиям, соблюдение производственной дисциплины.

При совершенствовании технологических процессов обязательно должны повышаться эффективность пыле-газоулавливания.

При строительстве и эксплуатации дорожных производственных предприятий как промышленного типа (стационарного) так и подсобно-вспомогательного типа (передвижные, временные) должны соблюдаться установленные или вновь разработанные с учетом предельно допустимых концентраций (ПДК) предельно допустимые выбросы (ПДВ) или временно согласованные выбросы (ВСВ). Установленные нормы выбросов должны обеспечивать соблюдение предельно-допустимых концентраций (ПДК) для выбрасываемых веществ.

Разогрев битума в битумохранилищах следует осуществлять электронагревателями или с помощью пароподогрева.

Транспортирование исходных компонентов и готовых материалов, как правило, должно осуществляться с помощью транспортных систем, снабженных укрытиями.

При приготовлении асфальтобетонных смесей, предназначенных для устройства верхних слоев покрытия, в качестве добавок ПАВ рекомендуется использовать менее токсичные анионоактивные вещества.

Использование катионоактивных веществ в качестве добавок ПАВ возможно при приготовлении асфальтобетонных смесей, предназначенных для устройства оснований и нижних слоев покрытий дорожных одежд.

Хранение органических вяжущих (битум, гудрон, деготь, смола и т.п.) должно осуществляться в специальных закрытых хранилищах ямного типа или в герметических емкостях. Хранение органических вяжущих в открытых ямах и емкостях не допускается.

При подземном хранении веществ и материалов, захоронении в согласованном с органами Госнаadzора порядке вредных веществ и отходов производства должны предусматриваться меры, исключаяющие их распространение за пределы отведенных для этих целей мест и проникновение в подземные и поверхностные воды.

При необходимости подогрева воздуха, материалов, воды, разогрева грунта и т.п., как правило, следует использовать тепловое оборудование централизованного питания (электрическое, паровое, водяное и т.п.), что обеспечивает меньшие затраты топлива и меньшее загрязнение атмосферы.

Применение открытого сжигания горючих материалов в целях теплообразования или ликвидации отходов допускается как исключение в разовом порядке с разрешения вышестоящей организации. Категорически запрещается применение открытого огня для разогрева органических вяжущих, мастик, полимерных материалов и других горючих веществ.

Заправка дорожных и транспортных машин топливом и смазочными материалами должна проводиться в специально выделенном месте, оборудованном средствами и инвентарем противопожарной безопасности.

При приготовлении и применении горючих материалов не должны допускаться к работе машины с неисправными или неотрегулированными двигателями.

Склады горючих материалов должны быть отделены от других зданий и сооружений, лесных массивов, сельскохозяйственных территорий противопожарными разрывами и оборудованы средствами противопожарной безопасности.

Производство сварочных работ при изготовлении конструктивных элементов должно осуществляться в специально отведенных огороженных местах, оборудованных настилом и другими средствами, исключающими возгорание горючих веществ и материалов, а также средствами пожаротушения.

4.4. Чрезвычайные ситуации

Чрезвычайные ситуации на предприятии могут возникнуть по различным причинам, например:

- паводковые наводнения;
- лесные пожары;
- террористические акты;
- по причинам техногенного характера (аварии) и др.

Аварии могут привести к чрезвычайным ситуациям.

Возможными причинами аварий могут быть:

- ошибочные действия персонала при производстве работ;
- отказ приборов контроля и сигнализации;
- отказ электрооборудования и исчезновение электроэнергии;
- производство ремонтных работ без соблюдения необходимых организационно-технических мероприятий;
- старение оборудования (моральный или физический износ);

- коррозия оборудования;
- гидравлический удар;
- факторы внешнего воздействия (ураганы, удары молнией и др.).

4.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:

К работе допускаются лица, достигшие 18 лет, имеющие квалификацию товарного оператора не ниже 4-го разряда, прошедшие курс обучения и сдавшие экзамен по ОТ, ПБ.

Все работники, занятые ремонтом, обслуживанием и эксплуатацией должны пройти обучение устройству и правилам эксплуатации оборудования.

После прохождения обучения все работники сдают установленный техминимум. Ведомость сдачи находится у начальника. Условиями безопасной эксплуатации и технического обслуживания является знание и соблюдение персоналом требований «Правилами промышленной безопасности для нефтеперерабатывающих производств». Вторичная аппаратура, щиты управления являются действующими установками до 1000 В, на которые распространяются «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок потребителей».

Площадка должна быть обеспечена первичными средствами пожаротушения, содержаться в чистоте. Нельзя размещать на ней горючие материалы и посторонние предметы.

Ступени и площадки лестниц должны поддерживаться в чистоте, регулярно очищаться от наледи и снега. При обслуживании работать в спец. одежде и спец. обуви согласно требованиям охраны труда. Не допускается розлив битума, кислоты, эмульгатора на территории в помещении.

Заключение.

В результате проделанной работы был разработан и рассчитан теплообменный аппарат труба в трубе.

Можно сделать следующие выводы:

1. Подогрев битума теплообменным аппаратом не портит качество сырья;
2. Уменьшаются затраты на энергию;
3. Срок эксплуатации теплообменного аппарата больше чем у электропечей;
4. Уменьшаются риски пожарной безопасности при коротком замыкании;

Сравнительный технико-экономический анализ затрат энергии является дешевле и безопаснее чем электропечи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А.. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. - Л.: Химия, 1981. - 560с,
2. ГОСТ 52857.1 - 2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования.
3. ГОСТ 52857. 4 - 2007. Расчет фланцевых соединений.
4. ГОСТ 52857.2 - 2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
5. Беляев В.М., Миронов В.М - Конструирование и расчет элементов оборудования отрасли Часть 1 – 2.
5. Касаткин АХ. Основные процессы и аппараты химической технологии Изд. «Химия», М., 1971
6. Лашинский А.А. - Конструирование сварных химических аппаратов. - Л.: Машиностроение, 1981 г. -380с.
7. Михалёв М. Ф. Расчёт и конструирование машин и аппаратов химических производств. - Л.: Машиностроение, 1984 г. - 301с.
8. Пищулин В.П.. Расчет кожухотрубчатого теплообменника / Руководство для студентов. - Томск: Отделение № 1 ТПУ, 1992. - 64с,
9. Плановский А.И., Николаев П.И.. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. - М.: Химия, 1972. - 492с.
10. ГОСТ 12.1.019 – 79. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
11. ГОСТ 12.1.003 – 83. Шум. Общие требования безопасности.

- 12.ГОСТ 12.1.004 – 91. Пожарная безопасность. Общие требования.
- 13.Пособие к СНиП 3.06.03-85* «Пособие по приготовлению и применению дорожных эмульсий»
- 14.ГОСТ Р 52128-2003 «Эмульсии битумные дорожные. Технические условия»
- 15.СНиП 12-03-2001 «Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования».
- 16.СНиП 12-04-2002 «Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Общие требования».
- 17.ВСН 8-89 «Инструкция по охране природной среды при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог».
- 18.ППБ 01-03 «Правила пожарной безопасности в Российской Федерации»